

## 物理的・社会的制約から考える再生可能エネルギー 活用の可能性

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 武蔵野大学教養教育リサーチセンター 公開日: 2016-06-29 キーワード: 作成者: 田辺, 直行, 新津, 尚子 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://mu.repo.nii.ac.jp/records/172">https://mu.repo.nii.ac.jp/records/172</a>

## 物理的・社会的制約から考える 再生可能エネルギー活用の可能性

田辺直行・新津尚子

### 1. はじめに

戦後の日本では、高度成長期前半までは国内産の石炭を利用していたが、その後は石炭、石油、天然ガスなどの化石資源やウランなどエネルギー供給源の多くを輸入に頼ってきた。エネルギー消費量をみると、オイルショックを経て、省エネルギー対策によってエネルギー消費量が落ち着いた時期もあったが、バブル期、冷戦後もエネルギー消費量は増加し続け、2000年代後半もエネルギー消費量は高い水準に留まっていた。しかし、現在状況は変わりつつある。温室効果ガス削減の問題に対処するために原子力発電所を増設するという計画もあったが、東日本大震災での原子力発電所の事故により、原子力発電に頼りすぎない社会の実現、また持続可能な社会の実現のために、再生可能エネルギーによるエネルギー源の多様化や省エネルギー対策をとることが、国際社会からも求められている。また2000年代後半からは、日本は人口が減少するという成熟社会の様相をみせている。それと並行して、経済的な規模を示すGDPが世界第2位から第3位になって以降、国全体の経済状況を改善するための対策として、地域の活性化が必要であると謳われるようになってきた。その中で、地方における再生可能エネルギーの取組みが、地域社会を活性化する方法の一つとして注目を集めてきている(大野、2013)。

しかし、地域社会で再生可能エネルギーを取り入れることが、国全体にとっては有効であったとしても、地域社会の人々にとって利益のあることなのだろうか。地域社会が再生可能エネルギーを取り入れることは、うまくいけば地域社会を回してゆく原動力になりうるが、うまく行かなかった場合、その代償は大きい。地域社会は、国全体と違って規模が小さいだけに、そのインパクトは相対的に大きくなるからだ。

そこで本研究では、地域社会で再生可能エネルギーを取り入れることによって、地域社会にどんなメリットがあり、どんなデメリットがあるか。また、地域社会で再生可能エネルギーがうまく回るためには、どのような条件が必要なのか。エネルギーそのものからくる科学的な限界と可能性、さらに、社会的、経済的な視点からも考察する。

それには、まず、再生可能エネルギーが本来もっている特性を考えることが必要であろう。化石燃料を用いた発電と比較して、エネルギー資源としてのエネルギー生成の上限について考える。どの発電方法においても、発電量を上げるために変換効率や設備利用率を上げたとしても、最終的には物理的な上限が必ず存在する。この上限が、再生可能エネルギーは、比較的低いので、技術開発をしていくら効率を上げたとしても、それがネックになり、発電量はそれほど増えず、すぐに頭打ちになってしまう可能性がある。

一方、エネルギー需要側からの制限もある。2012年7月から固定価格買取制度（Feed-in Tariff, FIT）が始まり、再生可能エネルギーが急速に普及したのだが、2014年9月には九州電力は再生可能エネルギーの送電網への接続申し込みへの回答の保留をはじめた<sup>1)</sup>。これは、太陽光や風力などによる再生可能エネルギーの電力が天候により増減することを、電力網の側が吸収できないことによる。管内の総電力に対して一定の割合以上再生可能エネルギーを取り入れると安定的に電力を供給できないことが留保の理由となっている（九州電力、2014）。そもそも管内の電力需要が有限であることに加えて、安定的な電力供給に不安要素のある再生可能エネルギーに対する電力会社の姿勢が表れているだろう。このように、再生可能エネルギーに対して制限がある状況では、再生可能エネルギー同士が、価格競争や効率競争などの不当な競争に巻き込まれる可能性がある。

また、再生可能エネルギーを考えるにあたっては、以下のことを留意しておく必要がある。再生可能エネルギーは電力として供給されるのであるが、電力は全エネルギー消費の一部であり、現在の社会のインフラのままでは、エネルギー消費の全てを再生可能エネルギーに変えることは不可能である。たとえ、電力のすべてを再生可能エネルギーによってまかなうことができたとしても、輸送用のエネルギーや産業用のエネルギーは、現在のままのインフラであれば、化石燃料資源を使わざるをえないからだ。

それでは、再生可能エネルギーをどのようにとらえる必要があるのだろうか。電気自動車の普及や電力の送配電システムなど社会のエネルギーに関するインフラを、徐々に再生可能エネルギーによる電力供給を前提としたシステムにシフトしていけば、再生可能エネルギーをエネルギー消費の100パーセントにすることも可能であろう。しかし、このような社会のインフラを整えるのにはかなり時間がかかると予想される（大島、2010）。また、再生可能エネルギーは化石燃料エネルギーと比べるとエネルギー密度<sup>2)</sup>が小さいので、同じエネルギーを発生させるためには、莫大な土地を要することになる。このことは、現時点のような普及段階であれば、太陽光パネルを家の屋根や休閑地に設置している状況なのであまり問題にはならないが、ある程度普及した段階では、電力量を得るために広大な土地を確保することそのものが問題になる可能性がある。

以上のように考えると、現時点のような化石燃料エネルギーや原子力エネルギーを基本とするエネルギー供給システムにおいて再生可能エネルギーを用いることは、どんなに改良がすすんでコスト面や効率が現在より上がったとしても、最終的には普及を阻害する要因が多くあることを意味する。つまり、技術的な観点からも経済的な観点からもメリットが少なくなってしまうのである。社会のエネルギー・システムのインフラがこのままであれば、再生可能エネルギーによる発電そのものが、政策的な補助がなければ回らない産業となってしまう可能性がある。

では、再生可能エネルギーにメリットを持たせるには、それを受け入れる社会が、どのように転換する必要があるのだろうか。また、どのような観点から考えることによって、再生可能エネルギーは、多くのメリットを持つようになるのだろうか。また、そのメリットを人々が納得する可能性はあるのだろうか。

もちろん、再生可能エネルギーは温室効果ガスの排出を減らすことにも貢献する。しかし、この観点は、再生可能エネルギーだけでなく、原子力エネルギーにもメリットになると言われてきた（経済産業省資源エネルギー庁、2010）。現在の国家レベルでの経済的な観点や、温室効果ガスの排出を減らせるという科学的な観点、エネルギーの変換効率を上げるといった技術的な観点だけではなく、地域経済における地域内乗数効果や、雇用が増えるという社会的な観点、化石燃料を使わずに自然現象を利用するというときの倫理的な観点など、さまざまな観点から評価することによって、多面的に評価することが重要であるだろう。

本論文は、以下のような構成である。2章でまず、現状のまま再生可能エネルギーを取り入れることの限界を示し、逆にそのことによって、再生可能エネルギーを普及させるには、どのようなことが必要になるか、どのような社会のインフラが必要になるのかを述べる。3章では、再生可能エネルギーの導入により、地域の活性化にどのようにつながってゆくのかについて、地域内乗数効果などの経済的な観点や、地域内の人々のつながりを述べてゆく。最後に4章では本論文のまとめとして、日本全体として、再生可能エネルギーを取り入れてゆくにあたって、今後どのような問題が生じる可能性が考えられるのか、また、どのような社会の転換が必要になってくるのかについて考察する。

## 2. 1次エネルギーとしての再生可能エネルギー

産業革命以降 20 世紀全般にかけて、風車や水車など再生可能エネルギーを利用したものが徐々に駆逐されて、石炭火力をエネルギー源としたものに移行していったのは、エネルギー消費量が増加する中で、再生可能エネルギーの密度の薄さが影響してきたことが理由の1つであろう。また逆に、「エネルギー密度」の濃さが石炭、石油、天然ガスなどの化石燃料を主要なエネルギー源とした社会を構築することになったとも言える。

工業化が進む前は、水車、風車、薪などの今でいう再生可能エネルギーを用いていたので、現在取り組んでいる再生可能エネルギーを利用すること自体は初めてではない。しかし、いったん、化石燃料をエネルギー源とした仕組みを構築してしまうと、仕組みを変更するコストが莫大となり、仕組みを変更することは困難になったり、電力網というネットワークに接続するエネルギー源に制限がかかるなどして、現状を維持・強化しようとする効果〈ロック・イン効果〉が働くので、簡単には再生可能エネルギーに戻ることはできない（鈴木ほか、2007）。このことを踏まえながら、以下で、再生可能エネルギーの使用の現状とその限界について考えてゆく。

### 2.1. 再生可能エネルギーの性質と問題点

再生可能エネルギーは、自然現象に由来するエネルギーをタービンを使って発電したり、太陽光で直接に電子の状態を活性化させて電流を流し電気エネルギーや熱エネルギーに変換する。このようなエネルギーであっても、われわれの社会活動や産業活動の動力源とすることができる。つまり、自然現象のエネルギーの一部をわれわれが使えるような形態に変換し

て使用できるように加工しているわけである。再生可能エネルギーは、化石燃料と違って、石油や石炭のような燃料に相当するものを供給する必要はなく、自然現象がエネルギー源となっている。このこと自体は、化石燃料資源のように消費しないので、社会の持続可能性を向上させることにつながる。しかし、自然現象であるので、われわれの都合で発電を増やしたり、減らすことなどのコントロールが思うようにはできなかつたり、再生するのを待つ必要がある。さらに、再生可能エネルギーは一般に、化石燃料に比べてエネルギー密度が小さいため、同じエネルギーを取り出すのに、より広い面積が必要となる（中部電力、2014）。現在使用しているエネルギーと同じだけのエネルギーを100パーセント再生可能エネルギーにするには、広大な面積が必要になる。

先に述べたように、再生可能エネルギーは、化石燃料のように量を調整しながら発電することが容易にはできない。そのため、現在のように化石燃料を主なエネルギー源とする社会のインフラの上では、時間的に変動するなどの点で、再生可能エネルギーはそのままでは適さないことが多い。再生可能エネルギーをエネルギー源として、必要なときに必要なだけエネルギーを得ることができるようにするには、スマートグリッドや大容量の蓄電装置を予め社会のインフラとして整えておく必要がある。

このことは、再生可能エネルギーが石炭火力や原子力のようなベース電力の役割には向かないと批判される点である。しかし、「ベース電力」自体が古い電力系統の考え方に基づいている（Lovins, 2011）。現在では、天候予測により発電量を予測して、スマートグリッドと組合わせて、電力需要に対応することは可能である。さらに、年間を通せば、1年間に生成する電力量は毎年ほぼ一定で安定しており、太陽光であれば定格電力<sup>3)</sup>の12パーセント、風力であれば20パーセントを設備利用率として計算できるような安定性はあるのだ。つまり、毎年の発電量をあらかじめ予測することは可能なのである。

## 2.2. 再生可能エネルギーのコスト（円/kWh）

エネルギーのコストを比較するとき、コストに何を含めるかにはさまざまな考え方がある。ここではNEDOの考え方に従い、通常行われている方法で計算した値を表2-1に示した。再生可能エネルギーのコストが、化石燃料に比べて高いのは、あとで述べるようにエネルギー密度が低いこともあるが、それに加えて設備利用率が低いことが挙げられる（大島堅一、2010）。設備利用率は、太陽光の場合、昼間しか発電できないことや曇りや雨の日には発電量が低くなるなどの効果を年間で平均したものであり、日本国内では12パーセントが使われる<sup>4)</sup>。このように発電コスト（円/kWh）を計算しているため、設備容量としての発電電力が大きかったとしても、年間の発電量（kWh）はその12パーセントとして評価され、コスト計算の分母が小さくなるために、発電量あたりのコストは高くなってしまことになる。このように、再生可能エネルギーは、コストを計算するときの設備利用率の低さによっても年間の発電量は小さくなり、発電コストは高く評価されている。

これとは逆に、この表にはない原子力発電は、発電出力を調整するのは容易でないため、1日中同じ出力が得られるように運用されている。このため、設備利用率は高くなり、これまでは80パーセントとして計算されてきた（大島、2011）。つまり、設備利用率というの

は、自然現象によって生成する電力が変動することや、運用の仕方に影響される値であることを留意しておく必要がある。再生可能エネルギーの設備利用率の低さは、2.3. で述べるエネルギー密度の低さと同様に、再生可能エネルギーの性質そのものによる限界であり、これを補うことは、日本国内で地上に太陽光パネルを設置する限り、現時点ではどうすることもできない<sup>5)</sup>。このように自然現象を用いた再生可能エネルギーには、技術を向上して効率の良い太陽光パネルや風車を開発したとしても、それではどうすることもできない限界が存在していることも認識しておく必要があるだろう。

表 2-1 発電コストの比較

エネルギー源	発電コスト [円/kWh]
太陽光	35.9
バイオマス発電	24.8
小水力	20.6
風力	13.6
地熱発電	10.4
LNG 火力	10.7

(『NEDO 再生可能エネルギー技術白書』(2014) より、筆者が作成。)

### 2.3. 再生可能エネルギーの敷地面積あたりの発生エネルギー (kW/m<sup>2</sup>)

再生可能エネルギーが、どれほど薄く拡がっているエネルギー源なのかを評価してみたい。再生可能エネルギーの密度の低さを評価するにあたって、さまざまな計算方法が考えられるが、ここでは、公開されているデータを使って計算できるように、発電所の敷地面積に対する設備容量を「エネルギー密度 (kW/m<sup>2</sup>)」として計算し、太陽光と風力の「エネルギー密度」を化石燃料エネルギーと比較してみる。

この「エネルギー密度」の計算は、単位が kW/m<sup>2</sup> であることからわかるように、正確には、単位面積あたりの電力を表している。電力は、太陽光であれば最大値、風力であれば定格電力が公開データとしてオープンにされているので、発電施設の公開データに載っている値をそのまま使用して計算した<sup>6)</sup>。

すると、太陽光では 0.06[kW/m<sup>2</sup>]、風力発電では 0.25[kW/m<sup>2</sup>]、火力発電では 1.6[kW/m<sup>2</sup>] が平均のエネルギー密度として得られた。火力発電はエネルギー密度が高く、太陽光や風力など再生可能エネルギーは、エネルギー密度が火力に比べて 25 分の 1、6 分の 1 と低い。つまり、再生可能エネルギーを利用するには、より広い敷地面積を必要とするということがわかる。このことは、現時点での普及段階では問題にはなっていないが、ある程度普及した段階では、施設を設置する敷地を確保することが問題となる可能性がある。

また、このことは、面積をそれほど確保することができない車などの輸送手段の動力に対しては重大な制約となる。移動体のエネルギーを再生可能エネルギーでまかなうには、巨大な充電池を移動体に積んだり、エネルギー供給システムを町中に張り巡らすなどのインフラを整備する必要が出てくるだろう (NEDO, 2013)。

## 2.4. 再生可能エネルギーの1次供給側からの限界

前節 2.3. で述べたように、再生可能エネルギーはエネルギー密度が小さい。それに加えて、再生可能エネルギーは、フロー型のエネルギー源であることから、フローからの上限が存在する。太陽光であれば、太陽光のもとになっている太陽の持つエネルギーは莫大ではあるが、太陽から降り注ぐ太陽光の持つエネルギー（ $1.3\text{kW}/\text{m}^2$ ）以上のエネルギーを取り出すことはできない。つまり、太陽光エネルギー（単位時間あたり、つまり1秒あたりに降り注ぐエネルギー）は、どんなに効率の良い太陽光パネルを作ったとしても、太陽光エネルギー以上のエネルギーを発生させることはできないということである。風力であっても、風が強すぎると風車が壊れないように、風速がある値（カット・オフ）を超えると、自動的に発電を停止するようにするなど、上限が存在する。このように発生するエネルギーに上限が存在することは、再生可能エネルギーで特に顕著になる<sup>7)</sup>。それに対し、化石燃料による発電は、ストックしている燃料の量が十分あれば、発電量はいくらでも大きくすることが可能であるのと対照的である。

このような制限は、フロー型のエネルギー源の性質から由来していて、これは1次エネルギー側（供給側）からの制限となる。この制限に対しては、蓄電池にエネルギーを溜めたり、ダムで水を汲み上げたりする（揚水発電）などして、何らかの方法でストック型に変換していくことが一つの解決策となりうるが、それほど多くをストックできないのが現状である（NEDO, 2013）。

## 2.5. 社会のエネルギー需要からの限界

一方、社会で使うエネルギー需要にも限りがある。管轄する地域の電力会社は、毎日、その日に消費される電力量を予測して発電量を調整している。電気エネルギーはそれほど多く溜めることができないために、再生可能エネルギーのように時間的に変動するエネルギー源であると、電力を安定的に供給できなくなることが考えられる。このことから、現時点の社会の電力供給のインフラにおいて、再生可能エネルギーを管轄内のエネルギー需要に対してある割合以上に増やすことができないというさらなる制約が生じている。2014年9月にも、九州電力がこれを理由に再生可能エネルギーの接続申請への回答を留保すると発表している（九州電力、2014）。つまり、FITの制度があるにもかかわらず、再生可能エネルギーの買取りを一時停止し、接続を制限していることを意味する。

このことにみられるように、電力の送配電システムを含むエネルギー配送システムでは、現時点で、再生可能エネルギーには化石燃料エネルギーよりも大きな制限があり、ある一定量までしか受け入れられなくなっており、エネルギー需要側からも制限されている状況にある。

## 2.6. 再生可能エネルギーへの需要と供給の制限は克服できるか

以上見てきたように、現時点では、発電量をコントロールできる化石燃料を用いた火力発電や原子力発電を前提としたエネルギー配送システムになっている。このシステム上で、短時間では安定していない再生可能エネルギーを用いることは、需要そのものが有限であることに加えて、安定供給のために一定以上に増やすことができないというさらなる制限もあ

る。このことから、再生可能エネルギー同士で、その少ないエネルギー需要を奪い合うことも考えられる。こうした現状を考えてみると、供給側と需要側の両側に制限が加わった状態であるため、コスト面や効率性を技術的に向上させるだけでは、再生可能エネルギーに勝ち目はないだろう。

しかし、これらの制限をいくらかでも取り除く、あるいは減らすことができたならば、普及につながる可能性はある。供給側の制限を取り除くのは、物理的な制約に対して効率を向上することであるが、効率が向上できたとしても、最終的には有限なエネルギー・フローであるため、限定的である。それに対し、需要側の制約は、社会のインフラとしての電力送配電システムによる制約であり、再生可能エネルギーを起源とする電力であっても、化石燃料による火力発電と同じように配送電ができるようなスマートグリッドなどのインフラや制度が整えば、解決する余地は大いにある。しかし、産業革命以来、エネルギー源の主役の交代年数は40-50年かかっており (Smil, 2014)、再生可能エネルギーだけが今までよりも早く主役になるとは考えにくい。物理的な制限を取り除くことよりは、エネルギー供給の社会的インフラを整備することで、現時点のような再生可能エネルギーに対する制約は大きく減らすことができ、普及にもつながるだろう。

### 3. 地域での再生可能エネルギー導入の意義

#### 3.1. 再生可能エネルギー導入の意義

現在、再生可能エネルギーは、さまざまな側面から開発や導入が求められている。たとえば『NEDO 再生可能エネルギー技術白書』では、二酸化炭素排出問題や、経済活動の国際化の進展といった状況の中で、再生可能エネルギーを導入する意義として、(1) エネルギーの多様化によるエネルギー安全保障の強化、(2) 低炭素社会の創出、(3) エネルギー産業の創出と雇用拡大、(4) 地域活性化が挙げられている (新エネルギー・産業総合技術開発機構編、2014)。

化石燃料が有限の資源であることを考えると、将来のエネルギーをまかなうために再生可能エネルギーの研究開発を進めることは不可欠である。しかし、2. で論じたように、再生可能エネルギーのエネルギー密度は化石燃料に比べて小さいことなどの理由により、現状では、市場の論理に任せては再生可能エネルギーの普及は難しいこともまた事実である。そのために現在では、FIT など再生可能エネルギーの普及をバックアップする制度の導入が進み、また発送電分離などについても議論が進んでいる。再生可能エネルギーの普及のためには、こうした技術や制度の整備は不可欠である。しかしその一方で、「現在の枠組みの中で、再生可能エネルギーの普及をすすめていく工夫や取り組み」も求められる。そこで本節では、「地域活性化」効果が期待される地域での再生可能エネルギー導入に焦点を絞り、その意義と問題点を理論的に整理する。

#### 3.2. 地域活性化と再生可能エネルギー

再生可能エネルギーを発電規模と目的から整理すると、(1) 日本経済全体を視野に入れ

た発電、(2) 地域のエネルギーをまかなうための発電、(3) 企業・家庭などのエネルギーをまかなうための発電、の3つのレベルに分けられる。(1) が国の経済を支えることを視野に入れているのに対して、(2) と (3) は、全体経済を支えるというよりは、家庭や特定地域の電力など、局所的なエネルギー供給を担う役割がある。また (2) の地域エネルギーには、単なるエネルギー供給の役割を超えた地域活性化の役割も期待されている<sup>8)</sup>。

たとえば、国土交通省国土政策局の『再生可能エネルギーの活用による地域活性化に関する調査事例集』では、再生可能エネルギーによる地域活性化の効果を、(1) 域内資金循環、(2) 収益の環境事業への活用、(3) 地域ブランドとしての商品販売（地熱等を活用した施設で生産した商品をブランド化するなど）、(4) 交流人口の増加（視察ツアーや環境学習のために地域を訪れる人が増えるなど）、(5) 環境問題・国土資源管理等への対応（間伐材の利用など）の5つに分けて分析している（国土交通省国土政策局、2014）。

また2013年7月に刊行され、2014年の新書大賞を受賞するなど、大きな話題を集めている『里山資本主義——日本経済は「安心の原理」で動く』は、地域の廃材を利用したバイオマス発電で、地域のエネルギーを賄う取り組みを中心に描かれた書籍である。同書ではたとえば、岡山県真庭市の製材所で、それまでゴミとして捨てていた年間約4万トンの木くずを用いて発電することで、工場で使う電気をほぼ賄っているという事例を紹介している。これで1年間の電気代（約1億円）が浮くほか、売電による収入が5,000万円あるという<sup>9)</sup>。

そして同書では真庭市が、木を用いたエネルギーの自立を目指していることも紹介している。燃料用ペレットなどを用いてエネルギーを山の木から作り出すことは、グローバル化の中で衰退していたこの地域の経済的自立にもつながっている。たとえば燃料用ペレットを製造する産業によって、雇用と収入が生み出されているのである<sup>10)</sup>。これは、国土交通省国土政策局の分類では、(1) の域内資金循環の効果にあてはまる<sup>11)</sup>。

ただし『里山資本主義』の特徴は、貨幣的な経済価値よりも、貨幣には換算できない生活の幸せや、都会とは異なる暮らしのあり方にもスポットを当てているところにある。たとえば、同書では裏山で拾った木の枝を、バール缶で作成したエコストーブの燃料にして炊飯することで、家庭での電気代を月に2,000円節約できるほか、木の枝を拾うことで山の蘇りを手伝い、豊かな生活を送ることができることなどが紹介されている<sup>12)</sup>。『里山資本主義』とは、お金の循環がすべてを決するという前提で構築された『マネー資本主義』の経済システムの横に、こっそりと、お金に依存しないサブシステムを構築しておこうという考え方だ。お金が乏しくなっても水と食糧と燃料が手に入り続ける仕組み、いわば安心安全のネットワークを、予め用意しておこうという実践だ<sup>13)</sup> という主張からもわかるように、『里山資本主義』の基本的な考えは、現在の日本の大規模な経済全体を里山によって賄おうという発想ではない<sup>14)</sup>。こうした書籍に注目が集まることは、「地域に根付いた暮らし方」に人々が関心を持っていることも示している。

ただし日本経済全体を考えると、里山資本主義はマイナスの影響をもたらし得る。同書でも指摘されているように、廃棄物の木屑により1億円相当の発電を行い、それを自社内で利用することは、その分、市場で取引されるエネルギーが減るので、GDPとしてはマイナスになる。また、再生可能エネルギーは一般に労働集約性が化石燃料よりも高く、多くの人

を雇用することができる (Lovins, 2011)。より多くの労働者が必要ということは個々人の雇用を考える上ではプラス要素だが、全体的な経済効率としてはマイナス要素になる。また、里山資本主義で論じられている間伐材によるバイオマス発電だけでは、とうてい、現在の日本のエネルギー全てを賄うことはできない<sup>15)</sup>。これは 2. で論じた再生可能エネルギーの「エネルギー密度」の低さからも明らかだ。

このように、現在話題となっている再生可能エネルギーによる地域活性化は、日本全体という大きな経済との関係を考えてと、2. で論じた「エネルギー密度」の点からも、経済的効率を優先する現在の日本経済の仕組みからも、効率が良いシステムではない。ただし、ひとつの地域での局所的な効果に限った場合、地域的な経済効果などを期待することができる。以下、具体的にどのような効果が期待できるのかについて、(1) 内部からの地域経済の立て直し、(2) 「漏れ」をふせぐ意味と地域内乗数効果、(3) 循環が生み出すその他の効果の3つに分けて論じる。

### (1) 内部からの地域経済の立て直し

エネルギーを地域で自給することによって、衰退してしまった地域を経済的に立て直す可能性を指摘できる。日本の地域経済の衰退が論じられて久しいが、そもそも地域経済は何故衰退したのだろうか。ここではこの理由を2つの側面から説明する。

まずグローバル化が地域経済にあたる影響は大きい。グローバル化が進む中、企業は国際的な競争力がなければ生き残れない。そのため、多くの企業が安価な原料や人件費を求め、国家という枠組みを超えた生産活動を行っている。その影響は地方の中小企業も免れることはできない。たとえば大企業に部品を納めている製造業者は、外国の業者との間の価格競争に巻き込まれているのである。

グローバル化のこうした仕組みは、資金が国外に流出しやすい仕組みでもある。たとえば、日本の自動車産業の使用部品の輸入率をみると、1999年には13%の輸入率であったのが、2010年にはその割合は22.4%にまで上昇している (UNISDR, 2013)。この傾向は、これまで日本経済を支えていた重工業の下請け企業に大きな影響を与える。

また歴史的には、第二次世界大戦後の経済・産業政策である傾斜配分生産方式が、地方経済の発展に大きな影響を与えている (松谷, 2010)。傾斜配分生産方式とは、石炭・鉄鋼部門に対して資材・資金を重点的に投入することにより、産業全体の拡大を図る考え方で、1946年12月27日に「昭和21年度第4四半期基礎物資需給計画」が閣議決定されている。

この政策により、日本は重化学工業を発展させて行くことになるが、日本は資源が乏しいため、重化学工業を発展させるためには原料を輸入する必要がある、そのために大規模な港湾を必要とした。「大規模な港湾の建設が可能」で、かつ「その背後に工業地帯を作ることができる土地」となると、日本には東京湾、大阪湾、伊勢湾の3カ所しかないという。こうして三大都市圏の重化学工業が重点的に支援される一方で、地方の地場産業はバックアップを受けることができず、生産人口は都市圏へと流れて行くことになる。戦後、三大都市圏が発展し、その他の地域が衰退していったのは、必然だったのである (松谷, 2010)。

こうした背景を考えると、バイオマスといった地域に独自のエネルギー源を用いて地場産

業を支える動きは、重化学工業の重視やグローバル化による価格競争といった「地域を疲弊させる国や世界の大きな流れ」とは、全く異なる動きであることがわかる。その分、地域経済に限って考えた場合には、今までとは異なる可能性が開かれている。その一方で国レベル・国際レベルの経済政策や効率性とは相容れない側面が生じることは不思議ではない<sup>16)</sup>。地域経済を優先すべきか、それとも大規模経済を優先すべきか、それ自体はこれから議論を重ねることが必要な論点である。

## (2) 「漏れ」をふせぐ意味と地域内乗数効果

前述の『再生可能エネルギーの活用による地域活性化に関する調査事例集』でも、再生可能エネルギーによる地域活性化効果のひとつとして域内資金循環効果があげられていた（国土交通省国土政策局、2014）。また『里山資本主義』でも、外部から購入していたエネルギー費を内部で賄うことにより、雇用と収入が生まれることが紹介されている。

エネルギーを地域内部で賄うことは、資金の流出という「地域外へのお金の漏れを防ぐ」役割を果たすが、その効果は非常に大きいものになりうる。たとえエネルギーを地域内部の発電所から購入する場合に必要な資金が、外部からエネルギーを購入するのに必要な資金と同額であったとしても、地域に与える影響は大きい。大友（2011）によると、北海道のあるホテルで、地域外から購入していた燃料（6,300万円）を、地域の森林バイオマスから調達する場合、購入に使われた資金が地域内の燃料取扱店、燃料化工場、林地残材調達現場などに循環していくために、最終的には1億7,000万円もの金額が地域内で循環していたという。もしエネルギーを地域外から購入した場合には、こうした循環効果は生じない。

この地域内で経済が循環する効果の仕組みについては、英国のNEF（New Economics foundation）の「漏れバケツ理論」がわかりやすい（NEF, 2002）。簡単に説明するために、資金のうち80%が地域外に漏れ続けるパターン（パターンA）と、80%が地域に残り続けるパターン（パターンB）を想定して比較する。

地域の発電所に1億円が支払われたと仮定して、20%が地域に残るAパターンは、地域の発電所に支払われた1億円のうち8,000万円が地域外にすぐに出て行ってしまうことを意味する。たとえば、従業員のほとんどを地域外から雇っている、燃料化工場が地域の外にあるといった場合は、発電所が得た収入の多くは地域外に支払われ、地域から出て行くことになる。そして、地域に残った2,000万円も、地域内の産業の多様性が低い場合は、次の段階で大部分が地域外に漏れだす。たとえば、地域に暮らす従業員の賃金として2,000万円分が支払われたとして、従業員が買い物をする場所がその地域になければ、従業員は地域の外で買い物をするようになる。こうしてまた2,000万円のうち80%が地域外に漏れだすと考えて計算を続けていく<sup>17)</sup>。このようにお金が80%地域外に漏れて行くパターンが繰り返されると、発電で得た当初の1億円は地域の中の組織や人の手に渡って行くことで、最終的に約1億2,140万円分の役割を果たすことになる。

これに対し、80%が地域に残るBパターンは、地域内の産業が多様化している場合に可能なパターンである。この場合、発電所が得た1億円のうち80%にあたる8,000万円が地域の従業員や地域内の燃料化工場等に支払われる。次の段階でも8,000万円の80%（6,400

万円)が地域に残る。こうして80%が地域に残るパターンを続けて行くと、最終的には、はじめの1億円は約5億円分の役割を果たす<sup>18)</sup>。パターンAの1億2,140万円に比べて、非常に大きな効果があることが分かる。このように、地域から資金が漏れださずに循環を続けた場合には、地域に大きな経済的利益をもたらすことができる。この効果をNEFは地域内乗数効果と名付けている。こうした効果を考えると、エネルギー産業を地域に作ることによって、条件によっては、こうした形で地域を経済的に自立させる手助けができる。

### (3) 循環が生み出すその他の効果

地域内でお金の循環は、地域内の産業が多様化し、産業と産業がつながることによってはじめて活発になる。また産業が多様化すれば、地域での雇用や消費の機会も増えることで、個人を地域につなげる機会も増える可能性もある。こうして生まれたさまざまなつながりをループ図に表したものが図1である。なお、図の中の→は因果関係を表している(←が付されているものは負の因果関係を示している)。エネルギーを地域内で発電することは、地域の産業を活性化させ、地域の雇用や所得につながるだけでなく、エネルギー源の分散によるレジリエンスの向上(たとえば、震災等で外からの電力が断たれた場合は、地域で作られたエネルギーは電源確保の役割も果たす)や、二酸化炭素排出量の削減、新たな融資の可能性等、多くのつながりと可能性を生み出し得る。

なお、本節では、企業・家庭規模での発電の効果にはほとんど触れることができなかったが、太陽光発電などにより、部分的であっても企業や家庭の電力をまかなうことは、災害時に「部屋の電気だけはつく」といった形の経済以外の意味を持つことは、もっと注目を集めてもよいだろう。

### 3.3. 地域で再生可能エネルギーを導入する意義と欠点

ここまで本節では、地域で再生可能エネルギーを導入した場合のプラスの効果を中心に論じてきた。しかしこうした形での再生可能エネルギーの導入が、全ての地域で可能な訳ではない。2.で論じた通り、再生可能エネルギーは「エネルギー密度」が低いことやエネルギーの輸送など問題となる要因が多いためだ。廃棄していた木材を活かすなど、エネルギーの原料を容易に調達できる場合には、成功する可能性が高いが、こうした条件が整っている地域は限られている。

また里山を使ったバイオマスや太陽光発電では、地域の産業や住民のエネルギーを賄うことはできても、大企業などの大規模なエネルギーを賄うことは難しい。それでは、再生可能エネルギーは条件が整った地域に限って使用するべきなのだろうか?次章では、この問題について根本的な点から考えていきたい。

## 4. 日本全体の暮らしを支えるために

2.では再生可能エネルギーのエネルギー密度が低く、現段階では化石燃料とコスト面で競うのは難しいこと、3.ではそれでも再生可能エネルギーを地域で導入することには大き

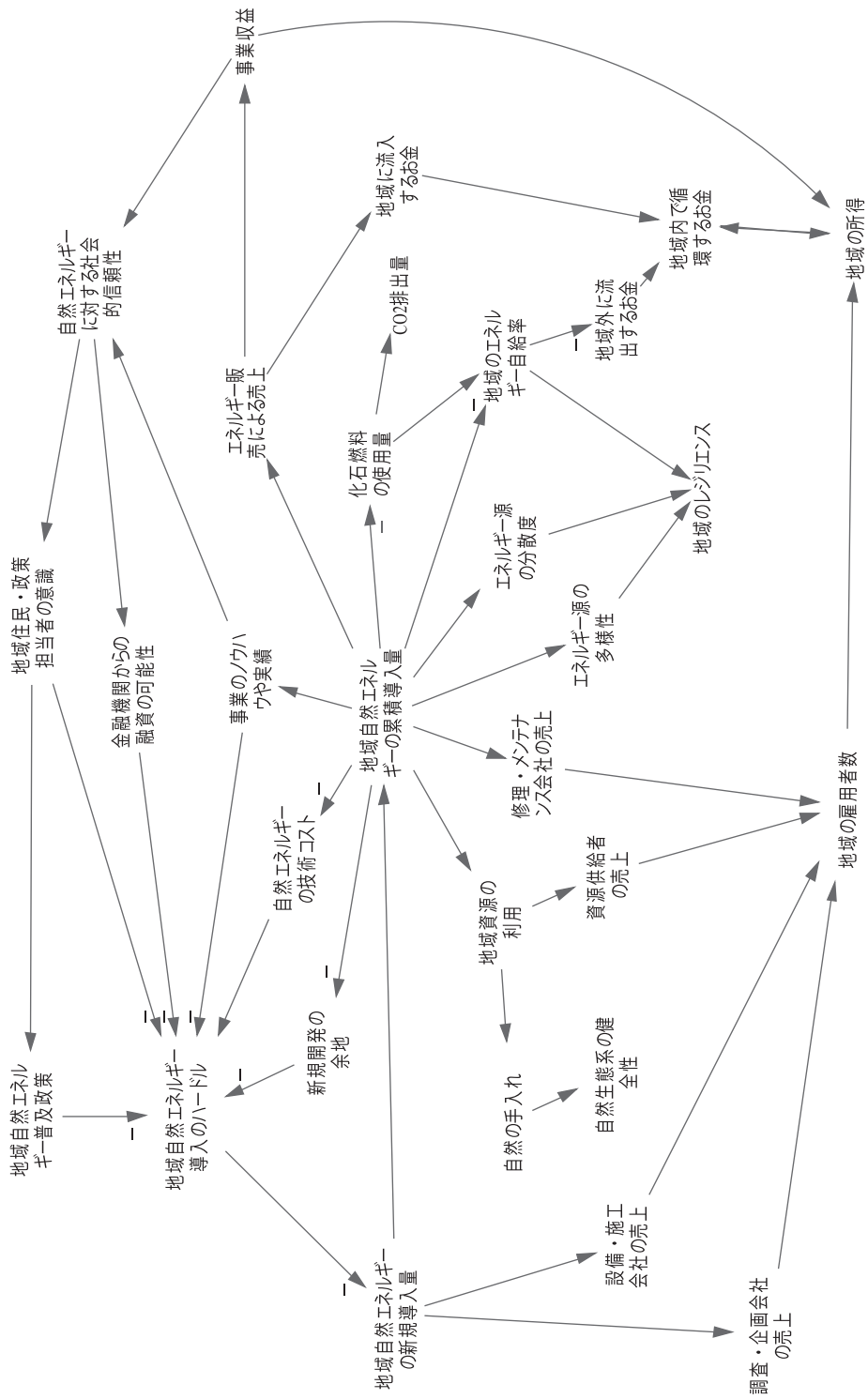


図1 地域自然エネルギーの導入がもたらす社会への影響 (田辺、明石、新津、2014より)

な意味があることを論じてきた。2.と3.からは、現状では、再生可能エネルギーは地域レベルでの導入が現実的であるという結論を導き出すことができる。しかし将来的には、国レベルのエネルギーを再生可能エネルギーで賄うことが必要だ。

指摘するまでもないが、化石燃料は数千万年から数億年前の生物の死骸が変化してできたものである。それだけの時間をかければ化石燃料を新たに作り出すことができるかもしれないが、私たちの時間感覚では化石燃料を再生することは困難であることから事実上、化石燃料は再生不可能エネルギーである。私たちは化石燃料という地球にためられた「ストック」を使用して豊富な電力等を得ている。新たにストックを補充できない以上、「使えばその分減っていく」ことは明白だ<sup>19)</sup>。

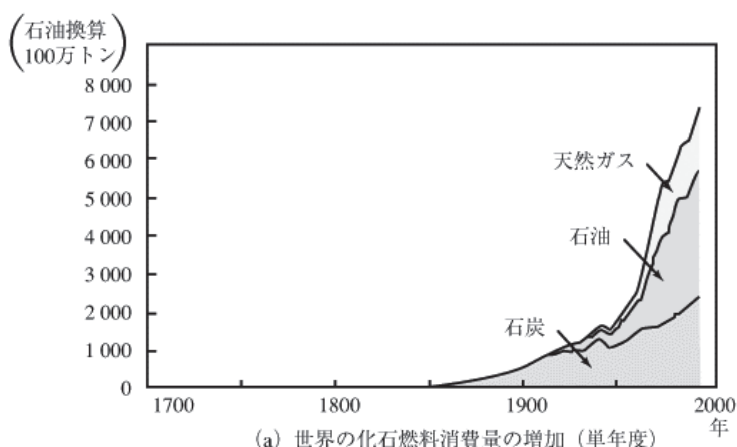
もちろん、新たな油田の発見や採掘技術の向上により、見積りよりも長い期間にわたり、人類は化石燃料を使い続けられるかもしれない。しかし、それでも「使った分だけ埋蔵量が減っていく」ことは変えようがない。そして、埋蔵量の減少を受けて、現在では化石燃料の開発や採掘にかかるコストが上昇してきている。以前は採掘が比較的容易な場所から取り出していたのが、現在は採掘が難しい場所から取り出さなければならなくなっているからだ。たとえば、岩の層から採取されるシェールガスが、最近の技術の向上により使用可能になったことはその一例である。

こうして現在、化石燃料のコストは上昇を続けており、2000年の基準を100とすると、石油と天然ガスの開発・生産コストは、2013年には213と倍以上に上昇している（資源エネルギー庁、2013）。このままコストが増加していった場合、化石燃料を使い尽くさなかったとしても、化石燃料の使用が経済的に大きな負担になる時代を迎えることになる<sup>20)</sup>。

それに対して、太陽光、風力、バイオマスなどの再生可能エネルギーは、どれも究極的には太陽からのエネルギーの「フロー」を用いたエネルギーだ<sup>21)</sup>。太陽から地球に降り注ぐエネルギーの量をコントロールすることはできない。そのため再生可能エネルギーは化石燃料のように一度に大量には使うことはできない。しかし、太陽からのエネルギーは毎年一定量がかならず降り注ぐので尽きることはない。こうしたフローを用いて私たちの生活のエネルギーを賄うことができるならば、私たちは持続可能なエネルギー供給を実現したことになる。

この点に関連し、エコロジー経済学者のハーマン・デイリーは、次のような3原則を提唱している。1)「再生可能な資源」の持続可能な利用速度は、その資源の再生速度を超えてはならない。2)「再生不可能な資源」の持続可能な利用速度は、再生可能な資源を持続可能なペースで利用することで代用できる速度を超えてはならない。3)「汚染物質」の持続可能な排出速度は、環境がそうした汚染物質を循環し、吸収し、無害化できる速度を上回ってはならない（Meadows, 2004）。

2)の再生不可能な資源の利用速度についての原則が、化石燃料に当てはまる。再生可能エネルギーによって賄うことができる以上のエネルギーを化石燃料から取り出し続けていると、化石燃料の採掘ができなくなった際に、計り知れない影響が及ぶことになる。しかし、今すぐにハーマン・デイリーの原則を適応するのは難しい。現実的なのは、再生可能エネルギーの研究開発を進めることだ。そして、地域レベルで再生可能エネルギーを導入することは、研究・開発を促進する上でも意味があるだろう。



資料：環境庁

図2 世界の化石燃料消費量の推移 (平成10年版環境白書より抜粋)

もうひとつ、ハーマン・デイリーの原則の2)を適応可能にするためには、全体として、エネルギー消費量を減らす方向にライフスタイルをシフトさせる必要がある。図2は、世界の化石燃料消費量の推移を示しているが、産業革命以降、特に1900年代後半に化石燃料の消費量が加速度的に増えていることが分かる。「チェーンソーでバターを切る」と例えられるように、私たちの生活は、「エネルギーを大量に使う」スタイルになっている。

もちろんエネルギー効率の良い技術の開発を進めることも不可欠だが、現在の都市型のライフスタイルや経済を守ろうとする限り、どんなにエネルギー効率をよくしたとしても、エネルギーの消費量を劇的に減らすことは難しいだろう。しかし里山資本主義の中で取り上げられている、たとえば「部分的にエコストーブで煮炊きをする」「いまあるエネルギーを使う」といった生活から得られる「お金をあまり使わずに、豊かに楽しく生活する」ライフスタイルは、電力をあまり使わない生活でもある。現在の暮らしや経済を守るために経済成長を推し進める立場とは一線を画することになるが、長い目で考えると、エネルギー消費量を減らして暮らしていけるようなライフスタイルにシフトしていくことは必要である<sup>22)</sup>。

2.6.でも指摘したように、新たなエネルギーが登場してから社会の中で主要な役割を果たすまでには、発電だけではなく送電などのインフラを整備する必要があることから、40年、50年という時間がかかるという。またライフスタイルのシフトにも時間がかかるだろう。こうした状況のなかで、たとえば再生可能エネルギーの中でも、エネルギー密度の高い分野への開発を重点的に進めるなど、エネルギーの物理的条件も考慮した社会的な対応が今後、今まで以上に望まれる。

尚、本研究は平成26年度武蔵野大学学院特別研究費（「自然エネルギー導入による地域の内発的発展に関する研究」研究代表：明石修）の助成を受けたものである。

## 注

- 1) 日本経済新聞、「太陽光設備利用率 13%に引き上げ 14年度、経産省が報告書」2014年2月17日。
- 2) 正確には、単位面積あたりの電力 (kW/m<sup>2</sup>) のことである。
- 3) 理論上の発電電力で、太陽光がパネルに垂直にあたるなど最も適した条件で発電したとしたときに発電する電力のことである。
- 4) 年間の発電量が、定格電力で365日24時間発電したとしたときに、その12%であるという意味である。また、この太陽光の設備利用率「12%」はFITの買い取り価格を決定するにあたって、2014年度より太陽光発電の設備利用率を12%から13%に変更することが提言されている(日本経済新聞、2014年2月17日)。
- 5) 宇宙空間に太陽光パネルを設置して地上に送ることや、砂漠で雨の降らない地域に設置するなど設置する場所を変更しない限り、われわれにはどうすることもできないという意味である。
- 6) 実際に使用した電力と敷地面積の具体的な値は以下のようにした。太陽光は、東京電力の浮島太陽光発電所(0.7万kW、敷地面積11万m<sup>2</sup>)と扇島太陽光発電所(1.3万kW、敷地面積23万m<sup>2</sup>)から、0.064(kW/m<sup>2</sup>)と0.057(kW/m<sup>2</sup>)となり、その平均値として0.06を得た。風力は、J-Powerの東京臨海風力発電所(0.17万kW、直径52m)、郡山布引高原風力発電所(66.0万kW、敷地面積230万m<sup>2</sup>)から、東京臨海の面積としては風車の回る円の面積程度の敷地が必要であろうと考え、それを使って計算すると0.20(kW/m<sup>2</sup>)、郡山布引高原は敷地面積で計算すると0.29(kW/m<sup>2</sup>)となり、それらの平均として0.25(kW/m<sup>2</sup>)を得た。また、火力(石炭)は、中部電力碧南火力発電所(410万kW、208万m<sup>2</sup>)、四国電力西条火力発電所(40.6万kW、30.8万m<sup>2</sup>)、北陸電力七尾太田火力発電所(120万kW、76万m<sup>2</sup>)、東京電力常陸那珂火力発電所(200万kW、141万m<sup>2</sup>)の平均値として1.57(kW/m<sup>2</sup>)を得た。ここでは、エネルギー源の比較をする目的で概略値を得ただけであるため、全国すべての発電所のデータを使って平均を出しているわけではないが、エネルギー密度を計算してみると、同じエネルギー源であればどの発電所もエネルギー密度の概略地の値は同じオーダーであった。
- 7) バイオマスは再生可能エネルギーの一つであるが、完全にフロー型ではない。再生産されるという意味ではフロー型であるが、再生するにはある程度時間がかかる。また、使用する際にはストック型と同じように使うことができる。
- 8) 再生可能エネルギーを用いた地域活性化の取り組みとしては、太陽光では長野県飯田市の「おひさまファンド」、バイオマスでは岡山県真庭市の「バイオマスタウン真庭」などがよく知られている。またgoogleで「地域活性化」「再生可能エネルギー」をアンド検索すると、2014年9月22現在で、87,000件以上ヒットすることからも、再生可能エネルギーに地域活性化の役割が期待されていることがわかる。
- 9) 藻谷浩介・NHK広島取材班、2013、p.30。
- 10) 藻谷浩介・NHK広島取材班、2013、pp.42-44。
- 11) ただし『再生可能エネルギーの活用による地域活性化に関する調査事例集』では、真庭市の「バイオマスタウン真庭」の地域活性化効果でもっとも高い効果が期待されるのは(4)の人口交流の増加であり、環境問題・国土資源管理等への対応と域内資金循環については、「その他に一定の効果が見られるもの」と分類されている。
- 12) 藻谷浩介・NHK広島取材班、2013、pp.46-48。
- 13) 藻谷浩介・NHK広島取材班、2013、p.121。
- 14) 同書ではオーストリアが里山資本主義的な考えを用いていることが紹介されているが、例とし

て取り上げられている「ギュッシングモデル」も地域のエネルギーを自立させていくという考え  
方である (World Watch Institute: revolt, 2011)。

- 15) こうした論点については、たとえば国際環境経済研究所 (2013) などがある。
- 16) その一方で、グローバル化の時代だからこそ、「みんなと同じものを製造していたのでは勝ち  
目はない」という議論もある (たとえば松谷, 2010)。「グローバル化の時代こそ、独自のものを」  
というグローバル的な考えは、地域と世界を結ぶ鍵になりうる。
- 17) 計算は次の通り。A パターン (20% しか地域にとどまらない場合)、1 巡目: 100,000,000 円  
→ 20,000,000 円、2 巡目: 20,000,000 円 → 4,000,000 円、3 巡目: 4,000,000 円 → 800,000 円、4  
巡目: 800,000 円 → 160,000 円、5 巡目: 160,000 円 → 32,000 円、6 巡目: 32,000 円 → 6,400 円  
(以下省略)。
- 18) 計算は次の通り。B パターン (80% 地域にとどまる場合)、1 巡目: 100,000,000 円 → 80,000,000  
円、2 巡目 80,000,000 円 → 64,000,000 円、3 巡目: 64,000,000 円 → 51,200,000 円、4 巡目:  
51,200,000 円 → 40,960,000 円、5 巡目: 40,960,000 円 → 32,768,000 円、6 巡目: 32,768,000  
円 → 26,214,400 円、7 巡目: 26,214,400 円 → 20,971,520 円 (以下省略)。
- 19) 里山によるバイオマス発電も、間伐材ではなく、森林というストックそのものに手を付ければ、  
資源は減っていくことになる。
- 20) こうした論点については、たとえば Meadows (2004) に詳しい。
- 21) 風も太陽光によって空気が暖められることによって生じている。
- 22) また一次エネルギーとしての石油の供給量のうち電力のために使用されているのは、一部であ  
り、ほとんどはガソリン、軽油、灯油などのために精製利用されている (新エネルギー・産業総  
合技術開発機構編, 2014)。資源としての化石燃料を考える際は、電力使用だけではなく資源の  
使い方全体を再考する必要がある。

## 参考文献

- The European Centre for Renewable Energy, 2008, "Güssing as a Model for regional Economic  
Improvement" Güssing, Austraria (Retrieved September 22, 2014, [http://www.eee-info.net/  
cms/EN/](http://www.eee-info.net/cms/EN/)).
- 環境エネルギー政策研究所 (ISEP) 編, 2014, 『自然エネルギー白書』七つ森書館。
- 環境庁, 1998, 『平成 10 年版環境白書』(2014 年 9 月 20 日取得, [https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/  
hakusyo.php3?kid=210](https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/hakusyo.php3?kid=210)).
- 経済産業省編, 2014, 『エネルギー白書 2014 年版』ウィザップ (2014 年 9 月 20 日取得, [http://www.enecho.  
meti.go.jp/about/whitepaper/2014pdf/](http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2014pdf/)).
- 九州電力, 2014, 「九州本土の再生可能エネルギー発電設備に対する接続申込みの回答保留について」  
九州電力ホームページ (2014 年 9 月 24 日 <http://www.kyuden.co.jp/var/rev0/0043/8118/ai4p5cx3.pdf>).
- 国土交通省国土政策局, 2014, 『平成 25 年度 再生可能エネルギーの活用による地域活性化に関する調査事例  
集』国土交通省 (2014 年 9 月 27 日取得, <http://www.mlit.go.jp/common/001053792.pdf>).
- 国際環境経済研究所, 2013, 「誤解を招く里山生活でのエネルギーの自給」, 国際環境経済研究所ホーム  
ページ (2014 年 9 月 27 日取得, <http://ieei.or.jp/2013/11/bookreview131111/>).
- Lovins, Amory B., Rock, Mountain Institute, 2011, *Reinventing Fire: Bold Business Solutions for  
the New Energy Era*, Vermont: Chelsea Green Pub Co. (= ロビンス・エイモリー, ロッキーマ  
ウンテン研究所著, 山藤泰訳, 2012, 『新しい火の創造』, ダイアモンド社).
- 松谷明彦, 2010, 『人口減少時代の大都市経済』, 東洋経済新報社。

- Meadows, Donella H., Randers, Jorgen, Meadows. Dennis, 2004, *Limits to Growth: the 30-Year Update*, London, New York: Chelsea Green Pub Co. (=メドウズ, デニス・ランダース, ヨルゲン著, 枝廣淳子訳, 2005, 『成長の限界 人類の選択』, ダイアモンド社).
- 藻谷浩介・NHK 広島取材班, 2013, 『里山資本主義——日本経済は「安心の原理」で動く』, 角川書店.
- NEF, 2002, *Plugging the Leaks -- Making the most of every pound that enters your local economy* (2014年9月27日取得, [http://www.pluggingtheleaks.org/downloads/ptl\\_handbook.pdf](http://www.pluggingtheleaks.org/downloads/ptl_handbook.pdf)).
- 大島堅一, 2010, 『再生可能エネルギーの政治経済学』東京経済新報社.
- 大島堅一, 2011, 『原発のコスト』岩波書店.
- 大野輝之, 2013, 『自治体のエネルギー戦略』岩波書店.
- 大友詔雄, 2011, 「環境・地域・自然エネルギーの利活用と地域経済への波及効果」, 『建設政策』(136):22-25.
- Smil, Vaclav, 2014, The long slow rise of solar and wind, *Scientific American* 310 : 52-57.
- 資源エネルギー庁, 2013, 『石油・天然ガスをめぐる最近の動向』(2014年9月15日取得, [http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/shigenjuyou\\_kaihatu\\_wg/001\\_01\\_03a.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/shigenjuyou_kaihatu_wg/001_01_03a.pdf)).
- 資源エネルギー庁, 2010, 『エネルギー基本計画』経済産業調査会.
- 資源エネルギー庁電気事業分科会コスト等検討小委員会, 2011, 「コスト等検証委員会報告書」(2014年9月27日取得, [http://www.env.go.jp/council/06earth/y060-100/mat02\\_3.pdf](http://www.env.go.jp/council/06earth/y060-100/mat02_3.pdf)).
- 新エネルギー・産業総合技術開発機構編, 2014, 『NEDO 再生可能エネルギー技術白書 第2版』森北出版 (2014年9月15日取得, [http://www.nedo.go.jp/library/ne\\_hakusyo\\_index.html](http://www.nedo.go.jp/library/ne_hakusyo_index.html)).
- 鈴木達治郎, 2005, 「エネルギー技術導入の社会意思決定プロセス」社会技術研究開発センター 研究実施終了報告書 (2014年9月15日取得, <http://www.ristex.jp/result/social/energy.html>).
- 鈴木達治郎, 城山英明, 松本三和夫, 2007, 『エネルギー技術の社会意思決定』日本評論社.
- 田辺直行・明石修・新津尚子, 2014, 「地域自然エネルギーの導入がもたらす社会への影響—相乗効果の重要性—」, 『武蔵野大学環境研究所紀要』3 : 1-15.
- UNISDR, 2013, “Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2013” (Retrieved September 22, 2014, [http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2013/en/home/GAR\\_2013/GAR\\_2013\\_2.html](http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2013/en/home/GAR_2013/GAR_2013_2.html)).
- World Watch Institute: revolt, 2011, “The Model Region of Güssing – an Example of the Austrian Grassroots Strategy for Energy Independence”, Washinton DC, USA (Retrieved September 22, 2014, <http://blogs.worldwatch.org/revolt/the-model-region-of-gussing---an-example-of-the-austrian-grassroots-strategy-for-energy-independence/>).