

### 再生可能エネルギーの導入による持続可能社会の構築

山梨大学 学生員 ○近藤拓也  
山梨大学 正会員 武藤慎一

#### 1. はじめに

現代社会は化石燃料に依存している。しかし、化石燃料は有限であり、石油は残り 40 年程度しか存在しないとも言われている。また、化石燃料の消費は二酸化炭素を発生させ、それが地球温暖化問題を引き起こす。2008 年に開かれた洞爺湖サミットでは長期目標として 2050 年までに世界の温室効果ガス排出量を現状から少なくとも 50% 削減することを指針として示した。日本では中期目標として現状比で 14%削減することを目標とした。

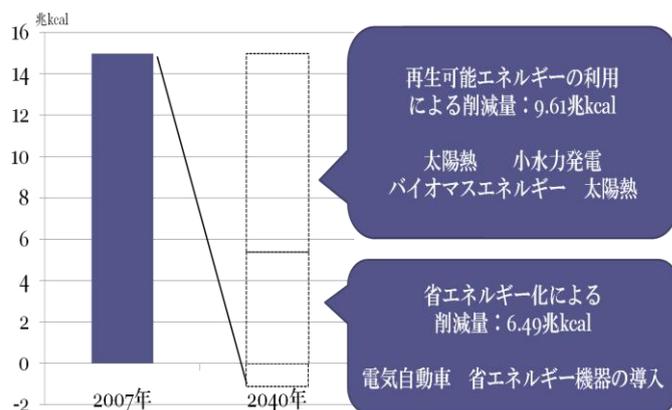
以上より今後は化石燃料に依存しない持続可能な社会を目指した制度設計を行うことが重要になると考えられる。化石燃料に依存しない社会の構築には大きく二つの方法がある。一つは省エネルギー化を進める方法、もう一つは再生可能エネルギーの利用である。例えば山梨県では「CO2FREE 山梨」が提唱されており省エネと再生可能エネルギーの導入により 2040 年を目標に CO2 排出量ゼロを目指している。

しかし、そうした目標を実現するためには経済活動の収縮や新たな費用負担などが生じる可能性が高い。そのため、できる限りそうした経済的損失を発生させずに目標を達成するような方策を検討することが持続可能社会の実現の上で重要なことと考えられる。そこで、本研究では経済モデル分析を通じて、再生可能エネルギーを効率よく導入して持続可能社会を構築するための方法を検討する。

#### 2. CO2FREE 山梨

2040 年を目標として、化石燃料に依存しているエ

ネルギーから化石燃料に依存しない再生可能エネルギーへ転換する政策が、CO2FREE 山梨として山梨県では提唱されている<sup>1)</sup>。内容としては、現在山梨県内で使用しているエネルギー(14.99 兆 kcal)を省エネルギー化(電気自動車の導入、省エネルギー機器の導入、etc...)により 6.49 兆 kcal(40%)削減し、残りの 9.61 兆 kcal(60%)は再生可能エネルギー(太陽光発電、太陽熱発電、小水力発電、バイオマスエネルギー、etc...)を利用することで化石燃料に依存しない形に切り替えるというものである(図 1)。しかし、省エネルギー化は経済を縮小させてしまう恐れがあると考えられ、また再生エネルギーの導入は研究開発なども含め多くの費用を必要とする。そうした負担を負ってでも早急に化石燃料からの脱却を図るべきなのか、あるいは化石燃料からの脱却を図るとしても、できる限り負担が小さくなるような制度設計を行うことが重要と考えられる。



[図 1-CO2FREE 山梨政策内容]

#### 3. 産業関連データ

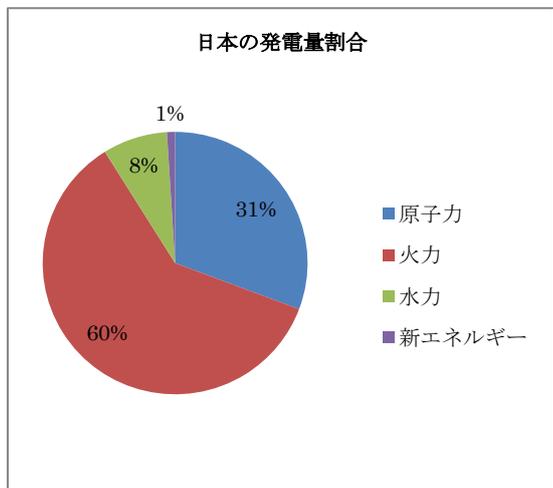
本研究では産業連関表を利用し経済モデルの構築を行うがそれに先立ち、山梨県と日本の産業連

キーワード：二酸化炭素、再生可能エネルギー、経済モデル分析

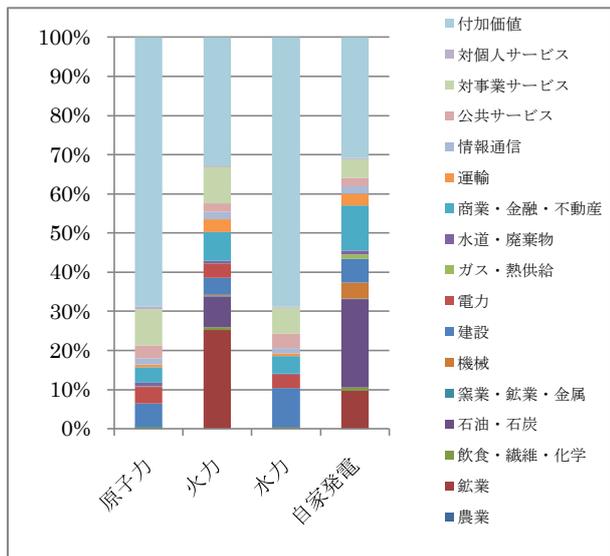
連絡先：〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11 山梨大学大学院准教授 医学工学総合研究部 E-mail:smutoh@yamanashi.ac.jp

関表をまとめたところ次のようなことが分かった。まず、国全体での発電種類別の電力供給量の割合は、原子力発電が31%、火力発電が60%、水力発電が8%、新エネルギーが1%となっている(図2)。また、それらの部門の生産における投入構造では水力発電と原子力発電では生産額の70%を付加価値が占めているのに対して、火力発電と自家発電は鉱業(原油部門)と石油・石炭部門の投入の割合が合わせて30%程度となっている(図3)。

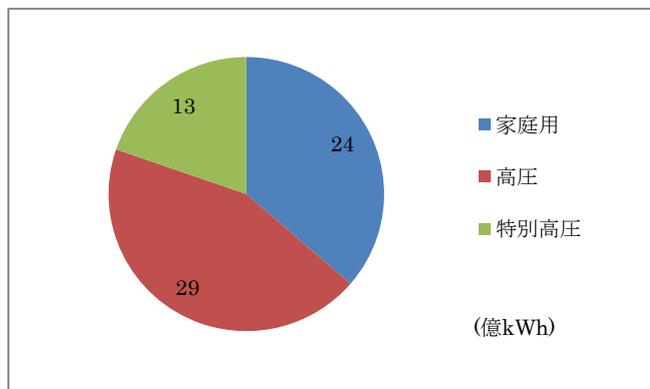
一方山梨県では、もっとも細かい分類の産業連関表でも電力部門は一つである。そこで、山梨県において実態としては主体別にどれだけの電力が消費されているのかを調べた。これが(図4)である。これをみると、家庭用は24%、残りは企業が消費している電力となっている。



[図2-日本の発電量割合]



[図3-日本の発電方法別の投入構造]



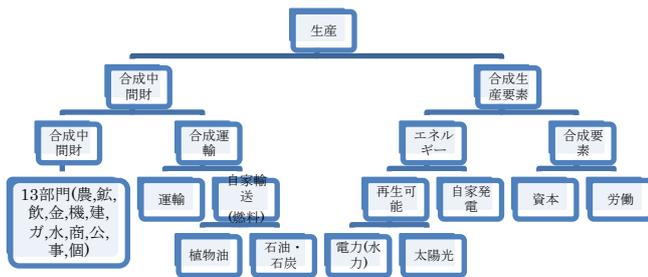
[図4-山梨県の発電量割合]

#### 4. 経済モデルの概要

ここでは応用一般均衡モデル(CGE)分析で用いられるモデルを基に経済モデルを構築する。まずは、再生可能エネルギーの導入や環境政策が企業行動に及ぼす影響を明らかにするために企業モデルを構築した。ここで、対象とする企業部門は18部門(農林水産業、鉱業、植物油、飲食、石油石炭製品、窯業・鉄鋼・金属、機械、建設、水力発電、自家発電、ガス・熱供給、水道・廃棄物処理、商業・金融・不動産、運輸、情報通信、公共サービス、対事業サービス、対個人サービス)とした。現在の自動車や飛行機といった輸送手段は石油などの化石燃料に頼っている。しかし、持続可能社会ではバイオマス燃料や電気自動車を利用するため石油・石炭(原油を精製し販売している部門)とは別に植物油(バイオマス)部門を設けたものである。また、化石燃料を利用する発電から再生可能な発電方法に転換させるために水力発電部門と自家発電部門を分けて扱うものとした。なお、原子力、火力発電部門については県内に発電所がないため、これらについては移入として扱われることになる。以上より化石燃料から再生可能エネルギーへの転換について、現実には実験することができないものをモデル計算することによりシミュレーション分析を行うことができる。

各企業の行動モデルはまず図2のようなツリーを想定した。まず企業は合成中間財と合成生産要素を投入するものとし、合成中間財は中間財と合成運輸に分かれる。合成生産要素はエネルギーと合成要素に分かれる。

より、ツリー全体の企業行動モデルが統合化されることになる。



【図 6-モデルのツリー】

以上の行動モデルを Barro 型 CES 関数に基づく生産技術制約下での費用最小化問題として定式化する。

最適化問題：

$$px = \min_{x_1, x_2} p_1 x_1 + p_2 x_2 \tag{2}$$

$$s.t. f = \gamma \left[ \alpha \{ \beta x_1 \}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1-\alpha) \{ (1-\beta) x_2 \}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \tag{3}$$

ただし、 $x_1, x_2$ ：財 1,2 の投入量、 $p_1, p_2$ ：財 1,2 の価格、 $\gamma, \alpha, \beta$ ：パラメータ ( $0 \leq \alpha \leq 1, 0 \leq \beta \leq 1$ )、 $\sigma$ ：代替弾力性パラメータ。

需要関数：

$$x_1 = \frac{1}{\gamma \cdot \beta^{1-\sigma}} \left( \frac{\alpha}{p_1} \right)^{\sigma} \psi_1^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} \cdot f \tag{4}$$

$$x_2 = \frac{1}{\gamma(1-\beta)^{1-\sigma}} \left( \frac{1-\alpha}{p_2} \right)^{\sigma} \psi_1^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} \cdot f \tag{5}$$

ただし、 $\psi_1 = \alpha^{\sigma} \left( \frac{p_1}{\beta} \right)^{1-\sigma} + (1-\alpha)^{\sigma} \left( \frac{p_2}{1-\beta} \right)^{1-\sigma}$

式(4)(5) の $x_1, x_2$ は、例えば合成交通の中の自家輸送のツリーでは植物油と石油の消費量となり、そして  $x$  は自家輸送(燃料)消費量となる。そして、ここでは $x_1, x_2$ と  $x$ の関係づけを明確に行うことに

### 5. 政策分析

続いて、モデルを用いて政策分析を行う。ここでは本来、再生可能エネルギーの導入のための政策分析を行う必要があったが、まずは 2011 年度の税制改正で導入されることとなった、地球温暖化対策税(環境税)に対する分析を行うこととした、環境税の導入により、再生可能エネルギーへの転換が生じることが期待され、その点についてもここでは明らかとする。

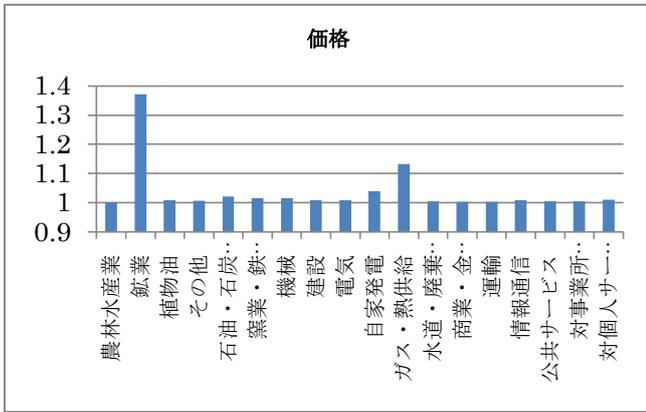
#### 1) 政策概要

2011 年度の税制改正<sup>2)</sup>で、地球温暖化対策税(環境税)が導入されることが発表された(日本経済新聞 2010.12.31 朝刊)。この政策は 2011 年 10 月から石油などの化石燃料に課している石油石炭税を増税するもので、増税分を環境税と位置付けている。石油石炭税は化石燃料の採取・輸入時に課税するため電力会社や石油の元売り会社が支払うこととなる。増税額としては原油が従来比で 37%高くなる。この増税によるガソリン価格の上昇は 0.76 円ではないかとされている。

#### 2) 分析結果

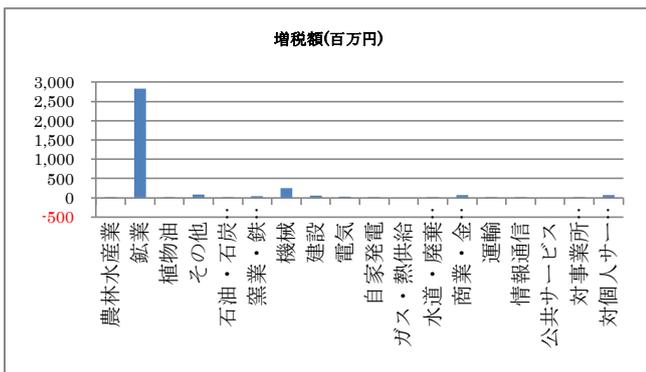
本モデルに基づくシミュレーション計算と結果を示す。このモデルでは原油の元売り会社に位置する部門が鉱業部門となるので鉱業部門の価格が 1 から 1.37 になるように間接税率を調節した。

他の部門への価格の影響は(図 7)のようになっている。特徴としては、自家発電とガス・熱供給の部門の価格上昇が大きくなっている。自家発電では 4%、ガス・熱供給に関しては 13%も上昇している。これは自家発電の発電方法が石油・石炭を投入することで発電する小さな火力発電のようなものであるからではないかと考えられる。



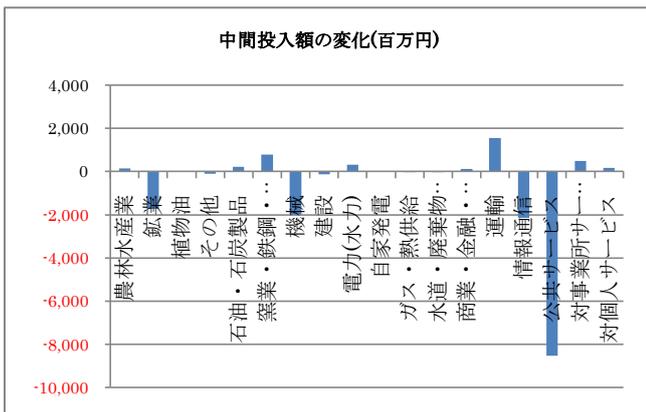
【図 7-価格の変化】

次に税収の増加額に関してはすべての部門の合計で 35 億円の税収増加となった。特に、鉱業が約 28 億円の税収増加額となっている。



【図 8-税収の増加額】

次に中間投入額の増加量に注目してみると水力発電の投入量が約 3 億円ではあるが上がっている。これは化石燃料の価格が上がることによって自家発電から水力発電へとシフトしたものと考えられる。つまり化石燃料に課税することで化石燃料由来のエネルギーから再生可能エネルギーへの転換が行われることが分かった。



【図 9-中間投入額の変化】

6. まとめ

本研究では再生可能エネルギー導入による持続可能社会の実現のために、どのような政策が有効となるかを分析するため産業連関表データを中心としてデータ分析を行うと共に、分析モデル構築を行った。そして、まず現在導入予定の地球温暖化対策税に関する解析シミュレーション分析を行った。その結果、化石燃料エネルギーから再生可能エネルギーへの転換を期待したがいずれの部門も投入構造としては付加価値部門等の占める割合が高く、原材料の価格の影響があまりないという結果となった。しかし、少しではあるが転換する兆しは見えている。

7. これからの課題

再生可能エネルギーの導入にはまだまだ問題があり、現在の化石燃料に依存した社会から再生可能エネルギーに転換するには固定費用の問題などがある。現在利用しているエネルギー量を再生可能エネルギーでまかなおうと思っても、その量のエネルギーを作ることが可能な施設がない。一般家庭が環境にいいからと言って簡単に太陽光発電を付けられるかと言ったら必ずしもそうではない。つまりエネルギーを作るための環境づくりをすることに大きな費用を要することになる。これが固定費用と言われるものである。現在のモデルでは、まだ固定費用の問題が組み込まれていないのでこれをモデルに組み込むことが今後の課題ある。また、固定費用は一般的に価格に負荷すると価格が高くなってしまおうと考えられる。そのため再生可能エネルギーが普及しなくなってしまうので価格に上乗せして回収することが困難である。よって固定費用をどの程度税金で補助するとよいかということを最終的に求めていきたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 山梨県：山梨県地球温暖化対策実行計画、山梨県森林環境部、環境創造課、2009
- 2) 内閣府：平成 23 年度政策改正、内閣府税制審査会、2010
- 3) 鷲田豊明：環境政策と一般均衡、勁草書房、2004