

No.	提 案 名	提 案 団 体 名	
		代表者氏名	所 属
5	Green Mobility City: Utsunomiya	宇都宮大学 農学部農業環境工学科地域エネルギー工学研究室	
		高橋 航	宇都宮大学大学院 農学研究科
		指導教員 氏 名	野口 良造

## 提案要旨

平成 20 年 7 月、北海道洞爺湖サミットで議長国を務めた我が国は、化石資源エネルギーに依存した社会からの脱却を目指すために、「低炭素社会づくり」を進める行動計画を、閣議決定として打ち出した。その背景には、地球温暖化問題、BRICs 等の新興国の発展にともなう石油価格の高騰・不安定化など、化石資源に支えられる現代のエネルギー問題がある。なかでも、我々の経済活動や生活において利便性が高い自動車のエネルギーは、化石燃料に大きく依存し、また新興国においては、乗用車は著しく増加している。よって、自動車用のエネルギーの確保は、世界的にみても重要な課題となっている。一方で、太陽光やバイオマスを利用した再生可能エネルギーの生産・変換技術の向上とともに、化石燃料の依存度を減らしたエコカーの技術は日々進歩し、ガソリン自動車より走行費用が安価な電気自動車など、実用化のレベルに達している乗用車も数多く存在する。したがって、公共交通機関よりも乗用車による利便性が高く、ガソリンの消費量が多い宇都宮市では、再生可能エネルギーを利用して、脱化石燃料による自動車用エネルギーを確保するとともに、エコカーの普及によるまちづくりが、重要な将来の目標になると考えられる。

本提案の Green Mobility City: Utsunomiya(グリーンモビリティシティ：宇都宮)とは、宇都宮市で得られる再生可能エネルギーを、電気自動車などの移動エネルギーとして利用するために、「グリーンモビリティ電力証書システム」を導入し、乗用車用化石燃料の依存度を減らした省エネルギー型移動社会をめざすものである。

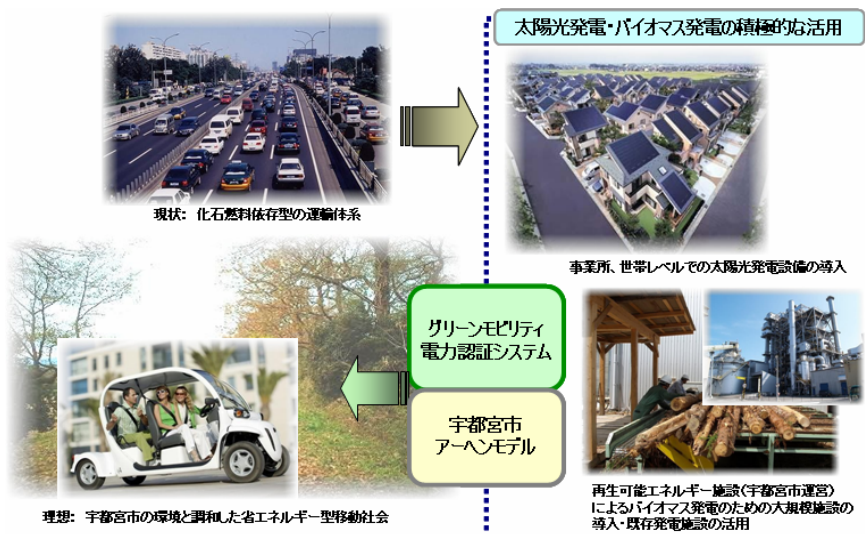


図 1 再生可能エネルギー利用による省エネルギー型移動社会のイメージ

# 1. 現状ならびに課題

## 1.1 宇都宮市のエネルギー消費

「宇都宮市地域新エネルギービジョン(2002年)」の試算結果によると、宇都宮市全体のエネルギー需要量は約3,800万GJ/年である。なかでも、運輸部門のガソリンの需要量は、約700万GJ/年であり、他のエネルギー消費と比べて顕著である(図2)。さらに、一人当たりのガソリン消費量は280L/年、一世帯当たりのガソリン消費量も620L/年と関東内でも多い(図3)。

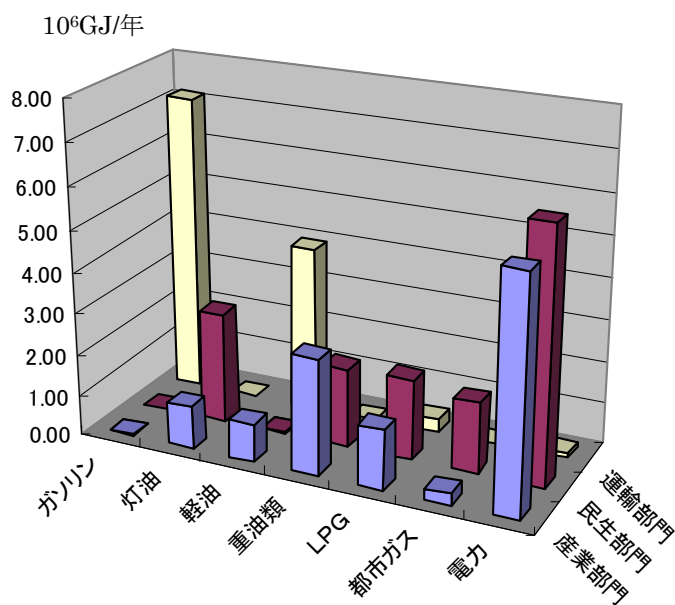
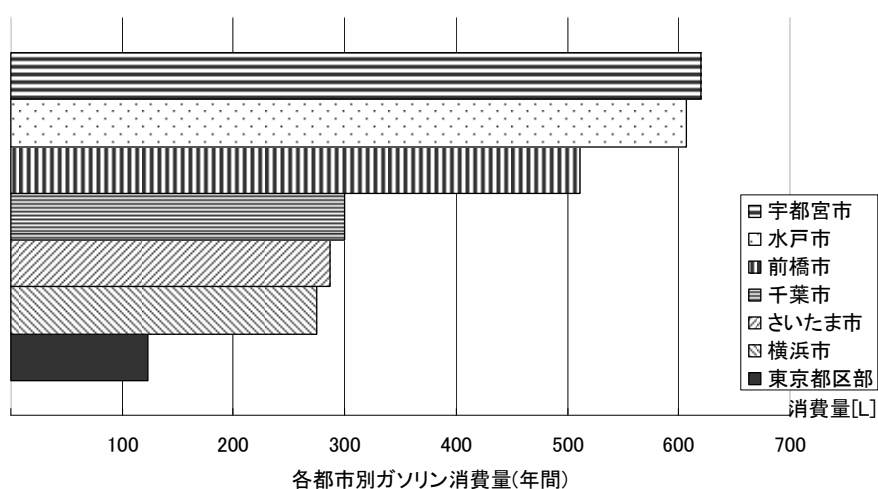


図2 宇都宮市のエネルギー需要量

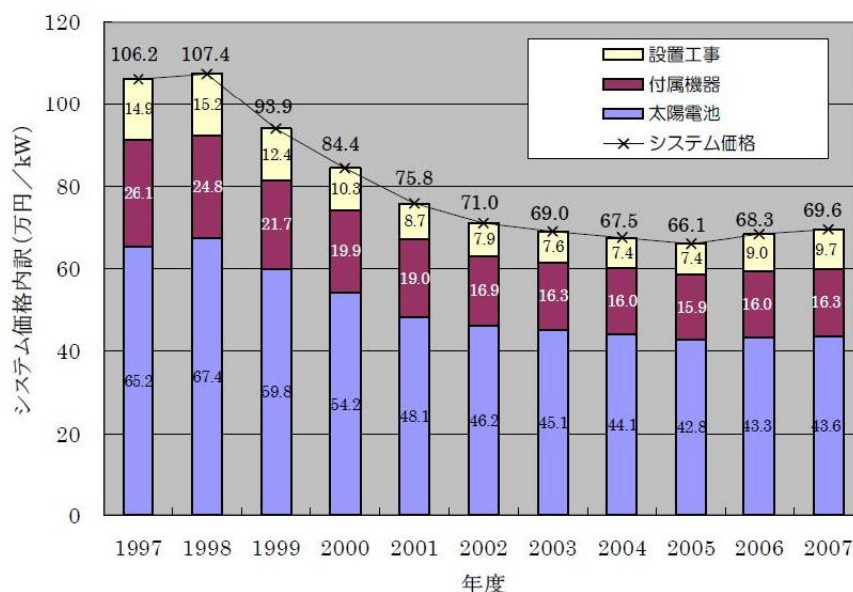


※独立行政法人統計センター (2008) 1世帯当たり品目別支出金額(都市階級・地方・都道府県庁所在市別)、 <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/eStatTopPortal.do>

図3 関東各都市の一世帯当たりのガソリン消費量

## 1.2 再生可能エネルギーのための新技術

近年の化石燃料の価格高騰や環境問題の視点から、再生可能エネルギー利用が注目を集め、太陽光発電パネルや電気自動車といった新技術の研究開発が盛んに行われている。特に、太陽光パネルのエネルギー変換効率は向上し、価格も国からの補助金等により、以前より安価になっている(図4)。また、電気自動車やプラグインハイブリッド車といった、化石燃料のみを動力源としない環境負荷の小さい自動車の性能も向上し、走行費用は、ガソリンや軽油を利用した自動車よりかなり安価となっている(表1)。



参考：財団法人新エネルギー財団,平成 19 年度住宅用太陽光発電システム価格及び発電電力量等について  
[http://www.solar.nef.or.jp/system/html/taiyou\\_sys080508.pdf](http://www.solar.nef.or.jp/system/html/taiyou_sys080508.pdf)

図4 太陽光パネルの設置価格の変化

表1 電気自動車等の走行距離、電力消費量、走行費用等の比較

		走行距離 [km]	電力消費量 [kWh]	電力量当りの走行距離 [km/kWh]	走行費用 [円/km]
電気自動車	プラグインHV <sup>1)</sup> (トヨタ)	13	3.60	3.6	5.54
	iMiEV <sup>2)</sup> (三菱)	160	21.00	7.6	2.63
電動バイク	エレビームV60L <sup>3)</sup> (環境良品)	150	1.50	100.0	0.20
	MEROS・III <sup>4)</sup> (オーシャンエナジーテクニカ)	80	1.44	55.6	0.36
電気自転車	アルフィット・ビビシティ <sup>5)</sup> (パナソニック)	32	0.08	400.0	0.05
	アシスタスティラL <sup>6)</sup> (ブリヂストン)	38	0.10	380.0	0.05

1)[http://www.toyota.co.jp/jp/news/07/Jul/nt07\\_037.html](http://www.toyota.co.jp/jp/news/07/Jul/nt07_037.html)

2)<http://www.mitsubishi-motors.co.jp/corporate/technology/environment/miev.html>

3)<http://topseller.jp/store/member/e/products/elebeam/v6025l.html>

4)<http://www.ocean.vc/bike.html>

5)<http://cycle.panasonic.jp/products/electric/EPK3.html>

6)[http://www.assista.jp/products/assista\\_as63l.html](http://www.assista.jp/products/assista_as63l.html)

※電力料金は20円/kWhで計算した。

### 1.3 宇都宮市の地域自然エネルギー賦存量

本提案では、宇都宮市で利用できる主な再生可能エネルギーとして、「宇都宮市新エネルギービジョン(2002年)」の結果と、都市と農村とのバランスが保たれ多くの森林自然が残されている現状から、太陽光とバイオマスの積極的な利用が可能であると考えた。また、1.2の「再生可能エネルギーのための新技術」より、再生可能エネルギーから電力を得て自動車用のエネルギーとして利用するほうが、社会全体として効率的であると判断した。よって、バイオエタノール等の液体燃料に変換して自動車用エネルギーとして利用することをせずに、電気エネルギーを直接自動車用エネルギーとして利用することを想定した。

宇都宮市に降り注ぐ太陽エネルギーは3.56kWh/m<sup>2</sup>/日と、全国的にみても日射量が多く、太陽電池の発電効率(約15%)を考慮すると、0.53kWh/m<sup>2</sup>/日ほどの電力を得られる。家庭の平均電力消費量は10kWh/日程度であることから、宇都宮市においては20m<sup>2</sup>の太陽電池が各家庭にあれば、十分な電力消費量を賄うことができると考えられる。「宇都宮市地域新エネルギービジョン(2002年)」によると、太陽光発電の利用可能量は495GWh/年であり、市内の電力消費量の15%に相当する。また、宇都宮市は農林業生産も盛んであるため、バイオマスエネルギーとして利用できるものが多い。たとえば、表2で示されたような宇都宮市の発電可能なバイオマス賦存量と利用可能量(一部)では、農業系の農産物非食用部(稲わら・麦わら)や木質系の木質系廃棄物、廃棄物系の食品廃棄物(家庭系)や食品廃棄物(事業系)の賦存量が特に多い。

表2 宇都宮市の発電可能なバイオマス賦存量と利用可能量(一部)

種類			賦存量 [Wt]	利用 可能率
農業系	農産物非食用部 (籾殻)	ライスセンタ、カントリーエレベータ、 個人の生産農家で発生する籾殻	7,320	0.14
	農産物非食用部 (稲わら・麦わら)	市内の農地で発生する稲わら・麦わら	49,458	0.43
	農産物非食用部(果 樹剪定枝)	市内で生産される主要農産物 (出荷量上位31位)の非食用部(果樹)	2,121	0.20
木質系	林地残材	伐採時に林内に放置される間伐材とその枝 条(有用材として搬出利用分を除く)	3,219	0.03
	製材残材	製材所で発生する木屑等	627	0.42
	木質系廃棄物	建設廃材、廃パレット等の木質系廃棄物	28,667	0.33
	剪定枝・刈草	公園緑地の管理で発生するもの・街路(市 道)の管理で発生するもの・造園業者がクリ ーパーク茂原に搬入しているもの	4,611	0.15
廃棄物系	食品廃棄物(家庭系)	一般家庭で発生する生ゴミ	45,112	0.08
	食品廃棄物(事業系)	食品小売、飲食店、市場で発生するもの	24,711	0.59
廃食油・ 資源作物系	廃食油(家庭系)	一般家庭で発生する使用済み食用油	798	0.05
	廃食油(産業系)	食品製造事業所等で発生するもの	828	0.20

参考：NEDO、バイオマスの賦存量・利用可能量の推計(<http://app1.infoc.nedo.go.jp/databio.html>)、宇都宮市バイオマスタウン構想資料(2008)

## 1.4 課題

「1.1 宇都宮市のエネルギー消費」で述べたように、宇都宮市で消費されるエネルギーは外部に大きく依存している。また、運輸部門のエネルギー消費が関東の都市の中でも多い。運輸部門でのエネルギー消費が多くなれば、多くの化石由来燃料が使用されていることになり、低炭素社会を形成する上で問題となる。一方で、宇都宮市は太陽光やバイオマスといった再生可能エネルギーを十分に利用可能な環境にある。

そこで、未だ利用が少ない太陽光やバイオマスエネルギーを宇都宮市で消費割合の大きい運輸エネルギーに代用し、エネルギーの外部依存が少ない都市へ変革させることこそが、重要な課題だと考えられる。

## 2. 事業提案

### 2.1 事業提案概要

宇都宮市の地域エネルギーである太陽光発電やバイオマス発電によって電気エネルギーを生産し、性能が向上した電気自動車といったエコカーを宇都宮市の交通体系に組み込む。エコカーを化石燃料自動車の代替として有効活用することによって、化石燃料依存度を下げた省エネルギー型移動社会による低炭素社会の実現を目指す。また、再生可能エネルギーによる電力のエコカーへの間接利用のために、グリーンモビリティ電力認証システム(図5)を導入し、宇都宮市アーヘンモデルなどによって、省エネルギー型移動社会の促進を図る。

### 2.2 グリーンモビリティ電力認証システム

アーヘンモデルとは、ドイツのアーヘン市(人口約25万)における、太陽光発電・風力発電の仕組みを普及させる取り組みのモデルであり、1995年に条例が制定された。その内容は、電力料金を一律1%引き上げ、その費用で再生可能エネルギー発電施設の設置や売電価格を補償する制度である。そこで、宇都宮市で実施可能なアーヘンモデル(宇都宮アーヘンモデル)として、グリーンモビリティ電力認証システムの一部として組み入れた(図5)。宇都宮アーヘンモデルでは、事業所や世帯レベルでの電力消費者が支払う電気料金を全体で一律1%引き上げ、引き上げ分はGMCU(Green Mobility City: Utsunomiya)利用・認証センターに支払われることとした。GMCU利用認証センターは、これらの費用を運営資金に充て、太陽光発電を行う電力消費者に対して、売電対価を支払うと同時に、電気自動車や電動バイクなどの購入のための初期投資の補助を行うものとした。

また、バイオマスエネルギーを中心とする、再生可能エネルギーを生産するための公共施設の建設や現在の設備の利活用を図り、RPS法による電力売電により得られた収益は、GMCU利用認証センターの運営資金に充てることとした。さらに、企業や事業体に対してのグリーンモビリティ電力認証やCO<sub>2</sub>排出権などの購入を促し、その費用をGMCU利用認証センターの運営資金に充てることとした。なお、RPS法とは、2002年6月に公布された「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」のことであり、電気事業者に対して一定量以上の新エネルギー等から得られる電気の利用を義務付けることにより、新エネルギー等の利用を推進していく法律である(RPS 法管理システム, <http://www.rps.go.jp/RPS/new-contents/top/main.html>)。

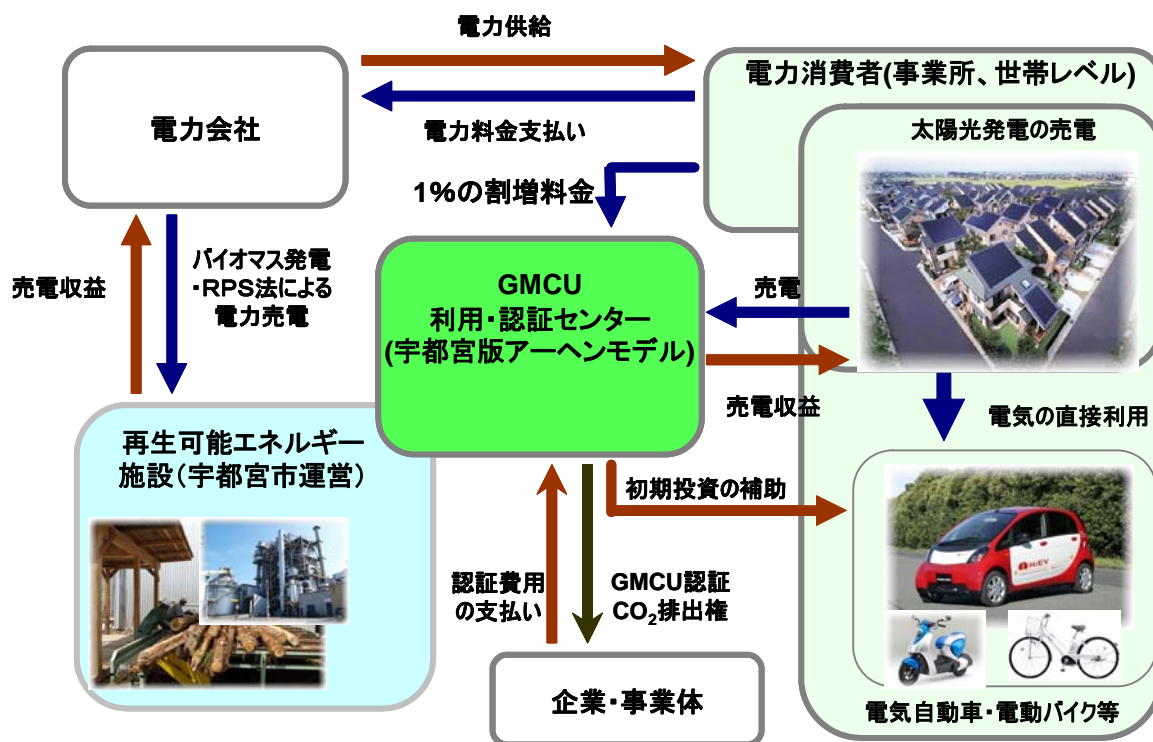


図5 グリーンモビリティ電力認証システム

### 2.3 電気自動車、電動スクーター、電動自転車の導入

グリーンモビリティ電力認証システムでは、事業所や世帯レベルでの電力消費者が、太陽光やバイオマスからの発電を、宇都宮市での消費が多い運輸部門のエネルギーの中でのガソリン代替エネルギーとして使用することになる。

宇都宮市では、バスやLRTといった公共交通機関の普及にともない、移動手段に占める自動車の利用が少なくなることも考えられる。しかし、他の都市と比べて宇都宮市は公共交通機関が十分に整備されていないエリアも多く、通勤・通学での移動距離も比較的長い。そのため、乗用車等の個人レベルでの移動手段の利用には多くの需要があると考えられる。そこで、グリーンモビリティ電力認証システムでは、太陽光発電やバイオマス発電による電力エネルギーを、電気自動車、電動スクーター、電動自転車に用いることとした。最近の電気自動車の性能は、普通の自動車よりも走行距離は短い、単位距離当たりの走行費用はかなり少ないのが一般的である(表1)。さらに、これらの電気自動車等は、道路や交通網など既存のインフラを利用できる利点がある。

表3 電気自動車使用時の太陽光発電やバイオマス発電によるガソリン代替可能割合

	発電量 [GWh/年]	電気自動車 走行距離*1 [×10 <sup>6</sup> km]	燃料代替 可能量*2 [×10 <sup>6</sup> L]	ガソリン 代替可能 割合[%]
宇都宮市の第一種低層住居専用地域から準住居地域まで建築面積全てに太陽光パネル設置することを想定した場合(花木ら 2005)	495	3,762	201	155
宇都宮市の耕作放棄地および休耕田に太陽光パネルを敷き詰めると仮定した場合	1,778	13,513	723	568
表2のバイオマスを直接燃焼により発電した場合*3	203	1,543	83	65

\*1: 三菱「iMiEV」で走行したと想定

\*2: 10.15モード18.7[km/L]の普通自動車と想定し、現在のガソリン消費量から計算

\*3: 農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」：バイオマス利活用システムの設計と評価(2006)

参考文献他：宇都宮市地域新エネルギービジョン(NEDO 2002)、MITSUBISHI MOTORS JAPAN(次世代型電気自動車『iMiEV』<http://www.mitsubishi-motors.co.jp/corporate/technology/environment/miev.html>)、(財)日本エネルギー経済研究所石油情報センター(栃木県内レギュラーガソリン平均価格)

太陽光発電による電気を電気自動車のエネルギーとして利用する場合の試算を行った(表3)。NEDOの宇都宮市地域新エネルギービジョンによると、宇都宮市の太陽電池パネルの設置場所として住宅、公共施設の屋根・屋上を想定したときの数値としての太陽光発電量は495[GWh/年]となる。また、走行距離が長く普及が期待される電気自動車の「三菱 iMiEV」のデータを用いて計算した。その結果、ガソリン代替可能割合155%となり、ガソリン自動車走行時より約1.5倍の走行距離を得ることができる。さらに、宇都宮市内に存在する耕作放棄地1,300ha全てに太陽光パネルを設置する場合を想定すると、ガソリン代替可能割合568%となり、約5.7倍の走行距離を得ることができる。一方で、バイオマス資源を直接燃焼による発電のために用いた場合には年間発電量は203[GWh/年]となり、ガソリン代替可能割合は65%となった。したがって、太陽光発電パネル、およびバイオマスによる発電から得られたガソリン自動車の代替エネルギーとしての電力は、現在の技術による電気自動車を導入した宇都宮市において、エネルギー量的にも十分であり、グリーンモビリティ電力証書システムの導入が期待できると考えられる。

## 2.4 グリーンモビリティ電力証書システムの導入の効果

宇都宮市においてグリーンモビリティ電力証書システムが導入された場合、以下の効果が期待できる。まず、宇都宮市は、再生可能エネルギーを用いた新しい省エネルギー型移動社会を形成し、低炭素社会の実現に向けた先進的まちづくりの活動として世界にアピールできる。また、宇都宮市アーヘンモデルによる公平な負担による次世代エネルギー社会の創出が可能となる。宇都宮市では、GMCU利用・認証センターの設置や、再生可能エネルギー事業のバイオマス発電施設、太陽光発電施設の建設、運営によって、新たな雇用が増加し、産業が活性化することが期待される。また、事業所、世帯レベルでは、低価格で高性能な太陽光発電施設や電気自動車等を導入することによって、既存のガソリン車よりもはるかに少ない費用での移動が可



能になる。さらに、企業・事業体では、GMCU 認証や CO<sub>2</sub> 排出権などの購入によって、低炭素社会、持続可能を目指した社会へのスポンサー、出資企業として、環境対策に率先して取り組んでいる企業としてアピールが可能になる。

一方で、以下のような負の側面も予想される。まず、宇都宮市アーヘンモデルの導入にともない、電力料金を引き上げる際に、引き上げ分を負担することになるのは消費者自身となる。よって、市民の合意の上でなければ実施することができないため、電気料金の負担感、合意形成の難しさが挙げられる。また、電力利用料金の引き上げによって、太陽光発電や電気自動車等を導入した人々が優遇されることになり、不公平感が生じる恐れがある。さらに、全てに関わる初期投資補助金の負担、事業中止による環境への負のイメージなどが挙げられる。

### 3. まとめ

今回の提案は、グリーンモビリティ電力証書システムの導入を通じて、地域内での再生可能エネルギーを活用した新しい移動社会体系の提案である。また本提案は、低炭素社会や宇都宮市が目指すネットワーク型コンパクトシティの形成につながるものである。本提案は、費用の面ではリスクも存在するが、現在の自動車メーカーや太陽光パネルの利用の形態を考えると、技術的な発展がこれらのリスクをカバーする部分が大いと考えられる。よって、日射量やバイオマスの多い宇都宮の地域特性の有効活用と、最新の自動車技術を導入することにより、宇都宮市の負の側面である自動車中心の交通体系を、新たな移動エネルギーを用いた理想的な交通体系として示すことができると考えられる。