

大阪市大『創造都市研究』第8巻第2号(通巻13号) 2012年12月

■ 創造経済と都市地域再生 特集論文 ■

1頁～14頁

再生可能エネルギー政策は郊外の空洞化問題を緩和しうるか？

小長谷一之(大阪市立大学大学院・創造都市研究科・教授)・神尾俊徳(池田市)

Can the Renewable Energy (PV(Photovoltaics), etc.) Promotion Policy Alleviate the Suburban Decline Problem?

Kazuyuki KONAGAYA (Professor, Graduate School for Creative Cities, Osaka City University)

Toshinori KAMIO (Staff, IKEDA City Hall)

【キーワード】

再生可能エネルギー、太陽光発電、コンパクトシティ政策、郊外空洞化(衰退)問題、新都市経済学

【Keywords】

Renewable Energy, PV (Photovoltaics), Compact City Policy, Suburban Decline Problem, Simulation, New Urban Economics

I. 郊外空洞化問題とコンパクトシティ政策(都心回帰政策)

1. 郊外空洞化問題(外郊外問題)

(1) 「インナーシティ問題」の系譜をうけつぐ建物老朽化・人口高齢化問題

1) 小長谷(2005)によれば、戦後一貫して拡大してきた大都市において最初に深刻化した都市問題の代表がインナーシティ問題である。これは、近代都市の成立以降20世紀末までの大都市発展が、基本的に都市外周部に新市街地を追加する新都市建設の繰り返しでできていることから、内側より段階的に同じ時期に形成されたリング状街区の集合となる年輪状構造となるため、図1のように、形成時期の古い内部の街区から順番に建物老朽化・人口高齢化問題が訪れるので、これを都市ライフサイクルと呼んだ(小長谷2005)。

2) そうした更新の波が最初に訪れた街区が、インナーシティである。インナーシティの場合は、さらに20世紀末に産業空洞化・郊外化の影響も重なり、都市問題として深刻化した。

3) このプロセスを延長すると、21世紀初頭の現在(第1四半期:2001~2025年前後)には、インナーシティ型問題がおこるのは、そのすぐ外側の地域である「内郊外」と予想される。事実、現在、「内郊外」では、①計画的街区ではニュータウンのオールドタウン化、②初期に開発された住宅地の密集市街地問題、③産業空洞化、などのインナーシティ型の都市問題が起きつつある。

4) しかしながら、21世紀初頭の現在(第1四半期)には、さらにその外側の「外郊外」地域は、依然老朽化の時期はきておらず、上記のようなインナーシティ型の都市問題は発生しないと考えられる。

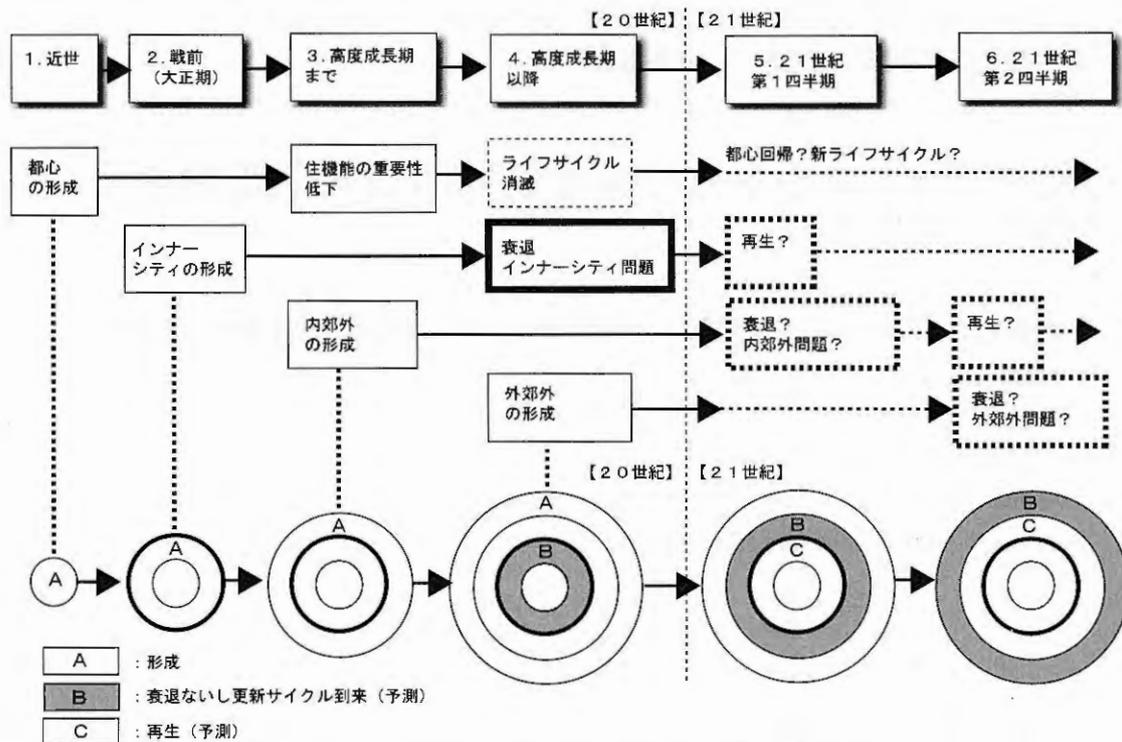


図1：都市ライフサイクル仮説（市街地と最初の入居層の形成によるサイクル）

出典：小長谷（2005）『都市経済再生のまちづくり』図3-1より

(2) まったく別の要因である人口減少社会の到来からくる「外郊外問題」

1) ところが、2000年代に入り、都市に影響をあたえる社会経済要因が全く新しい段階を迎えた。それが「人口減少社会の到来」である。

2) 小長谷（2005）では、このことによって、21世紀初頭の現在（第1四半期）においても、これまでの都市の年輪状の拡大期の形成プロセスからくるインナーシティ型都市問題はまだ発生しないと考えられていた「外郊外」ですら、別の形態の都市問題、すなわち人口空洞化問題が生起する可能性を示唆した。すなわち、建築は新しく問題がないが、入居者が少なくなる問題である。

2. なぜ郊外空洞化するのか

新都市経済学のモデルによれば、付け値地代（価格を敷地規模 S でわったもの）曲線（都心からの距離 t の関数としての $R(t)$ ）は、単位距離当たりの交通費を c とすると、傾きが逓減する $\Delta R / \Delta t = -c / S$ 曲線で表され、全国普遍的な農業地代と一致するところまでが都市範囲となる（小長谷2005他、図2）。

3. コンパクトシティ政策とある程度独立の郊外空洞化問題

(1) 人口減少時代において期待される都市政策の代表がコンパクトシティ政策である。コンパクトシティ政策とは、高密度・集約型都市構造に向かうための、①小都市においては都市拡大の抑制、②大都市においては公共交通駅中心への「団子+串」型集中、③省エネルギーなどの政策である。

(2) しかし、上記のように、全人口のパイが増えず、減る場合、必ず生じる都市問題が「郊外空洞化問題」である（小長谷2005）。これは、明示的な都心回帰政策をとらなくとも起こりうるし、全人口のパイが増えないという条件下では、都心回帰政策（コンパクトシティ）をとればむしろその負の側面としての「郊外空洞化問題」は益々深刻になる。したがって、コンパクトシティ政策をとるときにはその負の側面として、また全体の人口が減る場合にも「郊外空洞化問題」はかならず考えなければならないのである。

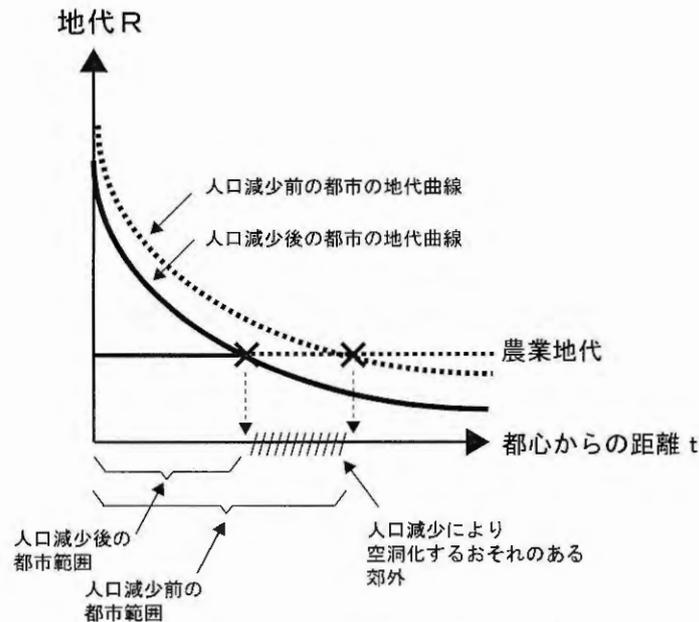


図 2：人口減少による地代と都市範囲の変化

(3) すなわち、人口減少時代の都市モデルとして期待されるコンパクトシティ政策は、人口減少化によって同じく引き起こされる郊外の空洞化問題を解決しないどころか、むしろ副作用として促進する可能性すらある。

郊外の空洞化問題を解決する議論で、現在一番欠けている根本的視点は、資金の確保である。

ただ単なる郊外放棄戦略＝縮小都市戦略では、経済採算性が成立しない¹⁾。

都市は、発展期、すなわち、拡大するときには、新しい都市を売り、都市整備の原資とすることができたが、人口減少期にただ単に都市を放棄・撤退するだけでは、資金がない。

この根本的解決策は、「郊外に（新たな技術の追加により）付加価値をつけ、できるだけ（放棄せず）再生すること」である。もともとサステナビリティは維持・活用が原則である。そもそも投資し作られたストックは放棄せず活用するのが望ましいことは、中心市街地の歴史的建築物や町家の再生と同じ論理で本来望ましい。郊外に作られたストックの総量は無視できない。

筆者は、以下の2つの付加価値戦略を提唱している。

(戦略1) あらたなる地域密着型の付加価値創造である「再生可能エネルギー」を導入し、地産地消コミュニティをつくる（経済採算性がとれる新たな経済的価値の発生メカニズムの付与）。

(戦略2) 高齢化社会向けモビリティの整備。「超小型モビリティ（EV等）＋自動運転」などの整備が有効と考える（交通＋IT＋高齢者福祉の3連動戦略）。

本研究では、(戦略1)を論ずる。

II. エネルギー危機から「エネルギー地産地消」へ

2011（平成23）年、3月11日（金）の午後2時46分頃に発生した東日本大震災（小長谷2011他）は、福島第一原子力発電所の4基の原子炉の事故を引き起こし、これがいまだ完全には収束していないことから世界的な「エネルギー危機」の認識と、「電力エネルギー転換」の課題を提起することとなった。

すなわち、電力消費地に対して、はるか遠方にある大規模発電所から、送電ロスを伴いつつ大電力を送るよりも、電力消費地の近くで再生可能エネルギーによって電力を生産し、消費する「エネルギーの地産地消」がもとめられることとなっている。

電力の最大消費地は大都市であり、このことは、都市自体も電力の生産基地になることがもっとも理想であることを示す。現在提唱されているスマートグリッド、スマートシティ等の概念は、エネルギーの消費地である都市自身がエネルギーの生産・蓄積・調整拠点となることを示し、期待されている。

しかしながら、現在想定されている再生可能エネルギーのうち、風力、バイオマス、(小規模)水力等は、そのまま都市中心部に立地させることに難があり、結局、都市域そのものないし周辺部では、やはり太陽光発電(PV: Photovoltaics フォトヴォルテックス)がもっとも有効である。

Ⅲ. 再生可能エネルギー促進政策の郊外におよぼす影響—加藤らの議論

太陽光発電の導入は、都市のあり方にどのような影響をあたえるのだろうか。

加藤ら(2012)は、郊外のみ太陽光発電を導入すると仮定し、中京圏のあるデータを参考にしたシミュレーションをおこない、太陽光発電システムなしの都心集合住宅と郊外における太陽光発電システム付きの戸建住宅居住の実質的省エネ性を評価した。その結果、都市全体としてのエネルギー消費量は、郊外の戸建て住宅に太陽光発電システムが導入されていると、交通費を考慮に入れても、都心地域で太陽光発電システムなしの集合住宅に居住する都心回帰政策の省エネ効果を上回る可能性があることを示した。

これまでは、今後の都市のあり方として、都心回帰政策が交通費を節約し、コンパクトシティがエネルギー消費量を抑制するため、望ましいと考えられていたが、これは、再生可能エネルギー(太陽光発電)の時代に入ると、かならずしもそうでない可能性を初めて示唆した。

再生可能エネルギー促進政策の郊外におよぼす影響に対する嚆矢は、この加藤らの研究である。これは、都市の簡単なシミュレーションで、立地の評価をしたものである。

(1) 加藤モデルの概要—コンパクトシティと再生可能エネルギーの関係

ここでは、加藤ら(2012)の議論を概観する。

1) 目的関数

目的関数は、各世帯に対して外部から供給すべき年間の総一次エネルギー供給量 E [MJ/年] である。

E_R : 居住に関する一次エネルギー消費量

E_T : 交通に関する一次エネルギー消費量

E_{PV} : 太陽光発電からの電力供給量

として、

$$E = E_R - E_T - E_{PV} \quad [\text{MJ}/\text{年}]$$

である。各世帯は中京都市圏の50地域にそれぞれ居住すると想定。

2) 居住エネルギー消費量 E_R の算定方法:

① 延床面積と居住エネルギー消費量の関係図から E_R を算出。

② 郊外における戸建住宅の延床面積は、平成17年度の国勢調査の世帯人数ごとの平均値を使用。戸建住宅の平均延床面積の標準偏差は平均値の5%程度であることから、居住面積によらず延べ床面積は同じとした。

③ 都心地域における集合住宅の延床面積は、世帯人数が4人以下の場合には平成17年度の国勢調査に記載の世帯人数ごとの借家の平均値とし、世帯人数が4人以上の場合は、近似式 $y = 17x - 7$ (y : 延床面積、 x : 人数) を使用している。

3) 交通エネルギー消費量 E_T の算定方法

① 目的 i の年間合計移動回数 c_i [回/年]、

② 目的 i 別の移動先区分 j の割合 D_{ij} 、

③ 目的 i ・移動先別区分 j 別の利用交通機関 k の割合(交通機関分担率) P_{ijk} 、

④移動先区分 j 別の移動距離 L_j [km]、

⑤交通機関 k 別のエネルギー消費原単位 e_k [MJ/km]、

の積①×②×③×④×⑤の i 、 j 、 k に関する足し合わせで評価。

4) 太陽光発電からの電力供給量 E_{PV} の算定方法

名古屋駅から 5 km 圏外の郊外地域の戸建住宅に PVS が導入されると想定。延床面積の 0.5 倍を屋根面積、その 40% に効率が 0.15 kWp/m^2 の PVS が設置されるとして算定。PVS の設備容量 1 kW あたり年間一次エネルギーに換算して 11.8 GJ/kW の電力が供給されると想定。

(2) 加藤らの結論

1) ワゴン車利用の場合、世帯人数が少ないほど E が E_{UA} (都心地域における E の平均値) よりも小さい郊外地域が多く、交通エネルギーの増加を考慮しても、郊外における PVS 付きの戸建住宅居住は都心における PVS なしの集合住宅居住よりも実質的に省エネになる。

2) 世帯人数が多くなるにしたがい、PVS 付きの戸建住宅居住の方が省エネとなる地域の範囲は狭くなる。大家族の場合は省エネの観点からは、郊外にて PVS 付き戸建て住宅に居住するよりも、都心で PVS なしに居住する方が良い。

3) ただしハイブリッド車の場合、郊外における PVS 付き戸建住宅の方が実質的に省エネになる。

4) E_R と E_{PV} は居住地によらず世帯人数別に決定される住宅延床面積に比例する。

5) (課題) 都心では PVS なしの集合住宅を想定していたが、PVS 付きの集合住宅も増えているので、PVS 付きの集合住宅についても検討する必要がある。PVS のみを検討していたが、ガスなどを用いた W 発電についても検討する必要がある。どこまでの郊外がエネルギー的にペイするかを検討する必要がある。

(3) 加藤モデルの課題

1) 都市モデルの立場からいうと、居住選択それ自身が都市経済に影響し、すべてが総合的な経済メカニズムであり、総合的に評価しなければならない。それに対し加藤モデルはエネルギー効率の面から全体の最適化を論じているものである。

2) 加藤モデルはあくまで、エネルギー面について合目的的に全体最適化の評価をおこなったものであり、居住立地と同時に、実際の経済メカニズム・市場均衡がどう影響するかはわからない。経済メカニズムで自然に郊外への効果が出てくるものかどうかはわからない。

3) しかし、再生可能エネルギー、特に太陽光発電は、郊外にプラスに働く可能性を省エネルギーの観点から指摘したことは大変意義がある。

4) そこで本稿では、あくまで、居住立地も考慮した、経済的なモデルの立場から別に簡単な考察をくわえてみたい。

IV. 市場均衡の視点の下での再生可能エネルギー政策の導入効果 (1) —モデルでの前提

本研究では、新都市経済学のモデルを拡張して、再生可能エネルギー政策の導入を論ずる。

1. 新都市経済学の単核型モデル

以下の仮定をおく。

(1) すべての就業地は、都心に集積していると近似する。

(2) すべての都市住民は都心に就業し、周辺から通勤をする。

(3) 土地は地主より借りる (地代) とする。持ち家は帰属地代 (留保需要) とする。

(4) 成熟都市・短期中期の分析であるので、閉鎖都市モデルで近似する。

$$\text{(所得制約式)} \quad I = t \cdot d + 1 \cdot z + R \cdot s$$

I = 所得

t = 単位距離あたりの交通費

d = 都心からの距離

z = 住宅以外の合成財の消費量 (価値基準財)

R = 住宅地代

s = 住宅サービスの消費量

とする。

(通常のモデルでは)

1) 立地点ごとの財の選択を考える。

すなわち、 d を所与(固定パラメータ)とし比較する。

所得制約式を変形し、

$$\text{(所得制約式)} \quad I - t \cdot d = 1 \cdot z + R \cdot s \cdots (1)$$

すると、

① 左辺の「交通費を控除した $I - t \cdot d$ 」を実質所得とみなすと、郊外ほど下がる。

② 右辺は消費者(都市住民)が住宅サービス s と住宅以外の合成財 z の選択をする消費総額。

となる。

2) 都心居住者ケース

都心居住者は $d = 0$ である。

$$\text{(所得制約式)} \quad I = 1 \cdot z + R \cdot s \cdots (2)$$

この段階で、 z 切片=都心居住者の住宅以外の合成財 z への最大支出は I である。

3) 裁定条件

非個人的理由の大規模人口移動が起こらず、立地が均衡しているということは、都市内立地点を通じて効用値が共通化しているということである。

4) 郊外居住者ケース

郊外居住者の所得制約は、

$$\text{(所得制約式)} \quad I - t \cdot d = 1 \cdot z + R \cdot s \cdots (3)$$

3) から、都心居住者の所得制約式(2)が接する効用曲線を、郊外居住者も共用するということであり、その形で、所得制約式(3)からみて、同じ効用曲線に接しながら縦軸 z 切片が下がるのだから、所得制約直線は傾きがなだらかになり、均衡解は、都心に比べ、郊外居住者ほど、

① z = 住宅以外の合成財の消費量(価値基準財) ↓ 低下

② s = 住宅サービスの消費量 ↑ 上昇

③ R = 住宅地代 ↓ 低下

となる。

都心居住者は住宅面積は犠牲にしても、住宅以外支出(都心の娯楽など)を楽しむ志向をもち、郊外居住者は住宅以外支出(都心の娯楽など)を犠牲にしても、住宅面積を確保する志向をもつものといえ、郊外ほど地代が低下することが導かれる。

2. 閉鎖都市系

より進んだ都市政策の検討のためには、都市全体の集計問題を論じる必要がある。集計量の制約は以下。

(制約1) 農業地代条件

都市の定義とは、非農業的都市型活動(都市型産業の商工業や都市型産業就業者住宅)の立地地域なのだ

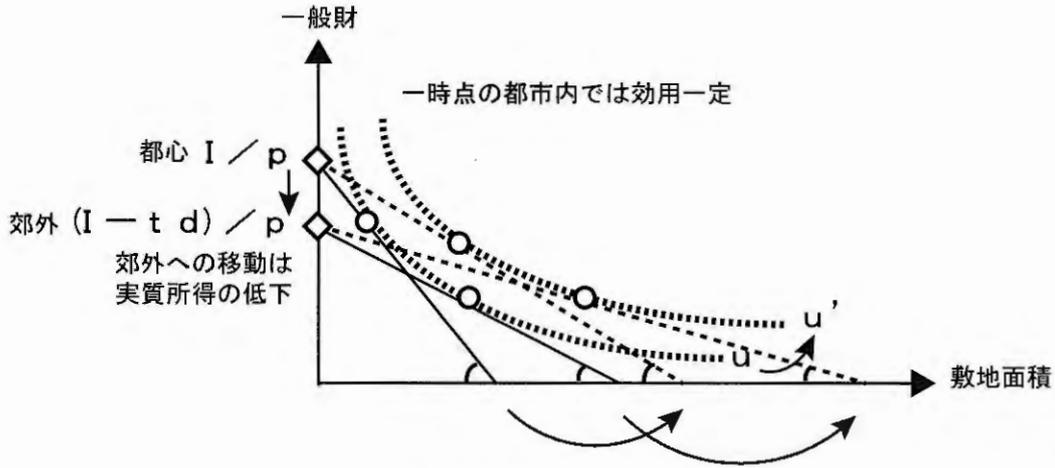


図 3：新都市経済学的モデル

から、定義から、都市の範囲は、地主の裁定条件として地代曲線が都市外周で農業地代と一致するところが都市境界となる。

$$(都市境界) R(b) = r^A \dots (4)$$

(制約 2) 人口制約

住宅サービス量 = 敷地面積 $s(d)$ の逆数が、単位面積あたりの世帯密度なのだから、それを d の輪で集計して、

$$(人口制約) \int_{d=0}^b (2\pi d / s(d)) dd = P \text{ (総人口)} \dots (5)$$

距離 d の郊外帯人口数密度を、

$$F(d) \equiv 2\pi d / s(d) \text{ と定義すると、}$$

$$(人口制約) \int_{d=0}^b F(d) dd = P \text{ (総人口)} \dots (5')$$

となる。集計量は、都市住民の共通効用 u 、都市境界 b 、総人口 P の 3 変数であり、制約条件は (4) (5) の 2 式であるから、集計量のうち 1 つは外生的に与えられる。 u を一定にしたものが「開放都市」で、 P を一定にした場合が「閉鎖都市」である (高橋 2012、中川 2008)。

都市外部との間の人口移動の激しい途上国都市や成長期の都市では、開放都市仮説、成熟した大都市経済では、短期には人口は一定と近似され、閉鎖都市仮説が使われることが多いので、本研究でもそのように仮定する。

3. 閉鎖都市系における人口減少効果

(1) 閉鎖都市系において、人口が減少すれば、都市内住民の共通効用は上昇する。これを $u \rightarrow u'$ とする。

(2) すると、図 3 のように、 $R =$ 住宅地代 (所得制約線の傾き) は低下する。 $R \rightarrow R'$

(3) これは、都心でも、郊外の任意の点でも同じである。すなわち、全地点で地代が下落する。

(4) すると、農業地代との交点が都心に近づく。 $b \rightarrow b'$

すなわち、都市外周の縮小 = 郊外の空洞化、が証明された (図 2)。

(5) なお、「住宅サービスが正常財である」との通常の仮定のもとで、都心で、人口減少すれば、 $s =$ 住宅サービスの消費量は少なくとも下落はしない (通常増加) ので、 $1/s$ は減少し、人口制約式に矛盾無く総人口は減少している。

4. 住宅サービスの仮定

さらに住宅サービスが高級品・奢侈品 (住宅サービスの所得弾力性 η が 1) であるという仮定があると以下のようなになる。これは、住宅サービスの所得弾力性 η が 1 より大ということであり、

$$\eta = (\Delta s / s) / (\Delta I' / I') > 1 \dots (6)$$

ここで I' は実質所得で、 $I' = I - t d$

$$\Delta I' = -t \Delta d$$

よって、(3) は、

$$\begin{aligned} \eta &= (\Delta s / s) \cdot (I' / -t \Delta d) \\ &= (\Delta s / s \Delta d) \cdot - (I' / t) \end{aligned}$$

よって、

$$\begin{aligned} \Delta s / (s \Delta d) &= - (t / I') \eta \\ (d \Delta s) / (s \Delta d) &= (-t d / I') \eta \dots (7) \end{aligned}$$

ここで、距離 d の郊外帯人口数密度を、

$F(d) \equiv 2\pi d / s(d)$ と定義すると、

$$\begin{aligned} dF / dd &= 2\pi \{ (1/s) - (d/s^2) (ds/dd) \} \\ &= 2\pi (1/s) \{ 1 - (d/s) (ds/dd) \} \end{aligned}$$

(4) を用い、弾力性を用いて書き直すと、上級財の場合は、 $(\eta - 1) > 1$ であるから、

$$= 2\pi (1/s) \{ I + (\eta - 1) t d \} / (I - t d) > 0$$

となり、郊外帯人口密度は右上がりの曲線となる。

すなわち、縦軸に郊外帯人口密度関数 $F(d)$ をとり、横軸に都心からの距離 d をとれば、 $F(d)$ の下側の三角形の面積 $\int F(d) dd$ が閉鎖都市の一定人口 P になった所が都市=農村境界である。

V. 市場均衡の視点の下での再生可能エネルギー政策の導入効果(2) —モデルの拡張・展開

1. 建築構造モデル

本研究では、再生可能エネルギーの都市構造への影響を議論するため、より精密な都市建築構造も考慮するモデルを導入する。

建蔽率 CR (Coverage Ratio) = 建築面積 / 敷地面積

容積率 FAR (Floor-Area Ratio) = 延べ床面積 / 敷地面積

である。

ここで、住宅建築モデルとして、平均的な構造を以下のように仮定する。

h 階で、1フロアあたり f 個の世帯があるとする。たとえ階によって若干違って、各階ごと、ほぼ同じ平均数で把握する描像とする。

S = 敷地面積

h = 階数

f = 1フロアあたりの平均世帯数

s = 1フロアの1世帯あたり面積

1物件あたりの建築面積(1フロア面積) = $S \cdot CR$

とすると、

(1フロア方程式)

$$S \cdot CR = f \cdot s \quad (= \text{建築面積}) \dots (8)$$

となる。

ここで土地の地代 = r (単位土地面積あたり)

建築単価(ないし建物質料) = B (単位床面積あたり)

とすると、

$$\text{全住宅地代} = (h \cdot f \cdot s) \cdot B + S \cdot r$$

以下の方針としては f が未知なので消去したい。

(1フロア方程式) から、

$$f = (S \cdot CR) / s$$

$$\begin{aligned} \text{全住宅地代} &= (h \cdot S \cdot CR) \cdot B + S \cdot r \cdots (9) \\ &= S (h \cdot CR \cdot B + r) \end{aligned}$$

$$\text{全戸数} = h \cdot f = (h \cdot S \cdot CR) / s \cdots (10)$$

$$\begin{aligned} \text{1世帯あたり住宅地代} &= s \cdot B + (s \cdot r) / (h \cdot CR) \cdots (9) / (10) \\ &= s [B + r / (h \cdot CR)] \end{aligned}$$

である。

また、

$$\text{FAR} = (S \cdot CR \cdot h) / S = CR \cdot h \cdots (11)$$

$$h_{\max} = \text{FAR} / CR \cdots (12)$$

である。

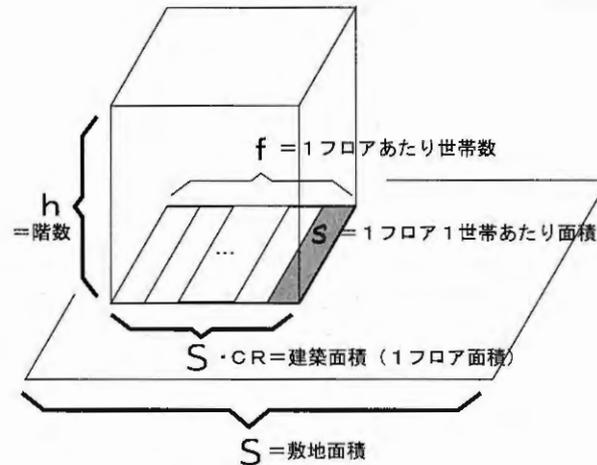


図4：建築構造モデル

2. 固定価格買い取り制度

2011年3月11日の東日本大震災およびそれに引き続く福島第一原子力発電所のレベル7事故により、エネルギーシフト政策が明確となり、2012年7月に、再生可能エネルギーの普及を目的とした固定電力価格買い取り制度が施行された。この「固定価格制」の政策は、再生可能エネルギーの普及にもっとも成功したドイツ等の政策を元にしたものであり、米などの「固定枠制」、英などの「入札制」、環境税等のその他の再生可能エネルギー普及政策に比べ優れており、最も強力であり、実現性が高いものとなっている（大島2010、他）。

その理由は、電力会社による電力買い取り価格を固定するため、再生可能エネルギー発電を導入しようとするすべての個人や事業者にとって、投資リスクが事実上ゼロであるからである。例として、太陽光発電の買い取り価格は2012年度で約42円、2013年度で約38円であり、個人でも50キロワット未満であれば追加投資が少なく、施工価格数百万で、約7年ほどで初期投資を回収でき、後はほとんどメンテナンス費用や燃料費が要らず、売電収入が入ってくる非常に有利で安全なビジネスとなる。この結果、日本においても太陽光発電は爆発的に普及し、2013年に申請数で原子力発電所約20基分が申請済みであり、うち原子力発電所約3基分が発電を開始している（週刊ダイヤモンド2013、他）。

太陽光発電を導入した都市を評価しよう。

$s \cdot f =$ 建築面積 (1フロア面積、屋根面積に比例)

住宅用太陽光発電の建設 (イニシャル) 費用: $A_0 = a_0 (f \cdot s)$

住宅用太陽光発電の次年度以降の利益 (収入-費用) ランニング利益: $A_n = a_n (f \cdot s)$

いずれも、 $s \cdot f = 1$ フロア面積 (屋根面積に比例)

$$\begin{aligned} NPV &= -A_0 + \sum_{n=1, \infty} \{(A_n) / (1 + \alpha)^n\} \\ &= [-a_0 + \sum_{n=1, \infty} \{(a_n) / (1 + \alpha)^n\}] \cdot (f \cdot s) > 0 \end{aligned}$$

だけの現在価値の住宅補助とみなせる (α は利子率)。

これを、年間のネットのゲイン b に直しておく。

平均的な太陽光発電のゲインの総和は、

$$b \cdot \sum_{n=1, \infty} \{1 / (1 + \alpha)^n\} \cdot (f \cdot s) = [-a_0 + \sum_{n=1, \infty} \{(a_n) / (1 + \alpha)^n\}] \cdot (f \cdot s)$$

である。左辺の係数を p_v とする。

すると1世帯あたりの太陽光発電ゲインは世帯数 $h \cdot f$ で割り、

$$p_v \cdot f \cdot s / (h \cdot f) = s \cdot p_v / h \text{ となる。} \dots (13)$$

3. 各住宅に p_v (太陽光発電) が導入された都市構造モデル

(1) 所得制約

(非太陽光都市の所得制約)

$$I - t \cdot d = z^{non-pv} + s^{non-pv} \cdot R^{non-pv} \dots (14)$$

(太陽光都市の所得制約)

$$I - t \cdot d + [s^{pv} \cdot p_v / h] = z^{pv} + s^{pv} \cdot R^{pv} \dots (15)$$

ここで、 $s \cdot p_v / h$ が、1世帯あたりの太陽光発電の補助によるゲインである。移項して、

$$I - t \cdot d = z^{pv} + s^{pv} \cdot (R^{pv} - p_v / h) \dots (16)$$

となる。

$$(R^{pv} - p_v / h) = R' \dots (17)$$

を有効地代とする。すると、

$$I - t \cdot d = z^{pv} + s^{pv} \cdot R' \dots (18)$$

となり、形式的には (14) の非 p_v 都市と所得制約は同じになるが、 p_v というインセンティブの導入により効用は当然増大する。

したがって、所得制約式 (14) の形は (1) と同じだが、効用 u が上昇し、均衡点は (1) と違ったものになる。

効用が u' と増大するので、 $(R^{pv} - p_v / h) = R'$ 有効地代は、非太陽光都市の地代 R^{non-pv} より減少する。 $\dots (19)$

$u \rightarrow u'$ 増大

$R^{non-pv} \rightarrow R'$ 減少

(2) 閉鎖都市

(人口制約式) は、物件の面積 S の方であるが、

$$S = s / CR \text{ であり、}$$

都市計画規制が強く、近似的に CR を係数として S と s が比例関係にあると仮定する (注2、本研究では、概略をつかむため、 CR 、 FAR 等は都市計画的な外部変数とする。したがって、 h も都心から郊外に向かって単調に減少する外生変数と仮定する。) と、

$$\text{(人口制約)} \int d = 0, b \quad (2 \pi d / s (d)) \quad dd = P \text{ (総人口)} / CR \text{ 係数} \dots (20)$$

となり、 s を考慮すればよい。

実際は、閉鎖都市なので、上記のように p_v 導入により効用は増大する。

人口制約を満たすためには、 u と $s(d)$ 関数が変わらないといけない。

u が増加し、住宅は正常財であるから、 $s(d)$ は増加する（住宅面積は増加）。

すると、 $1/s(d)$ が減少するから、人口制約の積分が不変なためには、都市境界 b は拡大しなければ矛盾する。

最終的な地代曲線は、地主の直面する地代 R^{pv} であるので、このことに矛盾はなく、

$(R^{pv} - p_v/h) = R'$ となる有効地代は、もとの非太陽光都市より減少するが、太陽光都市の地主の直面する地代は、

$$R^{pv} = R' + p_v/h \text{ (太陽光の効果)} \dots (21)$$

なので、

$$R^{non-pv} \rightarrow (\text{減少}) \rightarrow R' \rightarrow (\text{増加}) \rightarrow R^{pv} \dots (22)$$

となる（図5）。

したがって、地主の直面する太陽光都市の地代 R^{pv} は、必ずしも、非太陽光都市の地代 R^{non-pv} より上がるか下がるかはどうかはわからない。ただし、この「効用増加による一般的な地代減少分」と「太陽光の効果による地代押し上げ分」の大きさの兼ね合いによって、以下の図5のような（ケースa）と（ケースb）の場合が生じる。

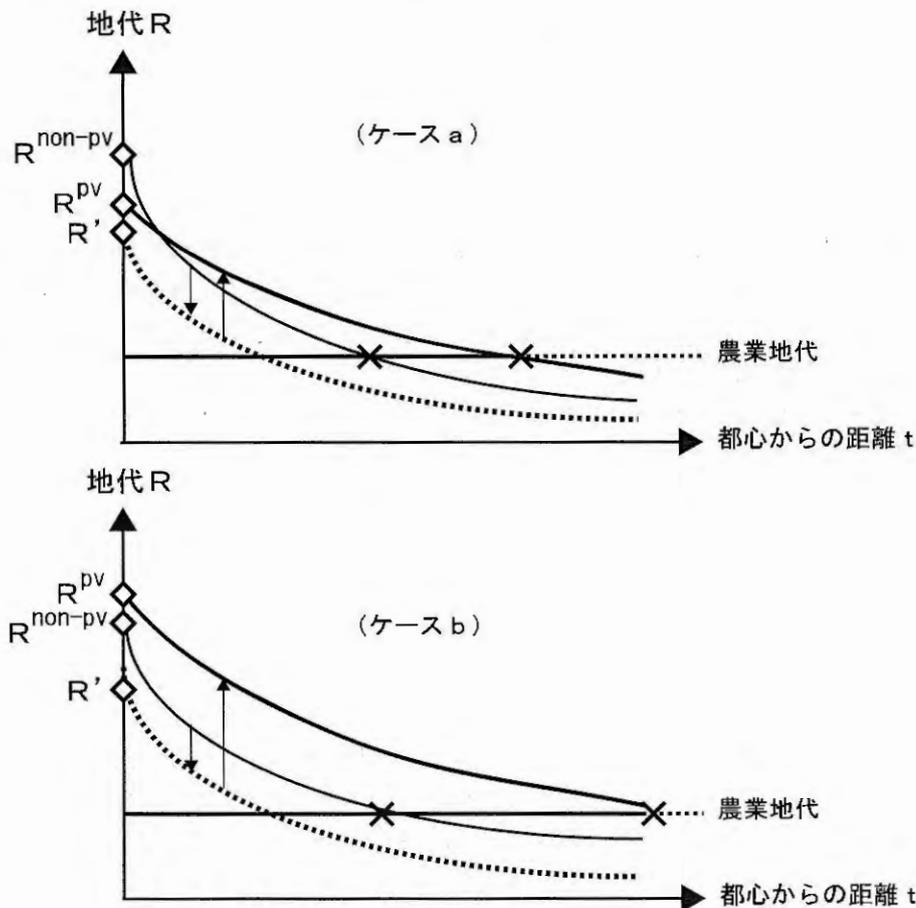


図5： p_v 都市構造モデル

（ケース a）「効用増加による一般的な地代減少分」より「太陽光の効果による地代押し上げ分」が小さい場合、太陽光都市の地代は非太陽光都市と交差する。

(ケースb)「効用増加による一般的な地代減少分」より「太陽光の効果による地代押し上げ分」が大きい場合、太陽光都市の地代は非太陽光都市より上にくる。

太陽光の効果は、 p_v/h なので、郊外ほど h が低く、太陽光の効果は強くなる。

逆に、高度 h が高い都心ほど p_v 効果は弱くなる。太陽光発電は屋根であり、太陽光発電の1人あたりの効果は1人あたり屋根面積に比例するため、階数が高いほど1人あたり面積が低下し、恩恵が少なくなる。

したがって、太陽光都市は非太陽光都市より地代の傾きが小さく、都市境界は拡大し、郊外はゆるやかに地代が上昇する。

(3) 効果の総括

太陽光(p_v)の導入は、都市に対し一種の s に比例する所得補助をすることに対応する。

p_v は、屋根を使うので、 s に比例するインセンティブとなり、人口あたりの屋根面積の大きい郊外の方が有利となる。

都市境界は拡大し、地代を押し上げる効果 p_v/h は、高さの逆数のため、高さが高い都心ほど p_v 効果は弱まる。郊外ほど資産価値は上昇する。

VI. これからの郊外の姿—「ネット・ゼロ・エネルギー・タウン」

上記のように一般に再生可能エネルギーは、太陽光発電の例のように、 s に比例するインセンティブを有し、高度 h と逆の低層地域、すなわち、郊外再生の効果をもつ。

それでは、具体的にこれからの郊外はどのような姿が考えられるのか。

ここでは、そうした方向を示唆する一つのモデルを紹介する。その例は、大阪府堺市南区の日本初の「ネット・ゼロ・エネルギー・タウン」[晴美台エコモデルタウン](以下大和ハウス、およびSUUMO等資料)である。

単なる太陽光電池(ソーラー)だけでは、再生可能エネルギー特有の時間的変動問題(発生のかたより、需給ギャップ)があるが、そうした欠点を克服するための蓄電池を装備した「再生エネ+蓄電池=ダブルバッテリー方式」により、昼間に発電し、電気を蓄積し、使うという理想的形態が可能となる。外部電力に全くたよらない完全自立型自給自足コミュニティが可能となる。

この堺市の晴美台の場合は、国の補助と堺市の補助により、新規入居者は、発電・蓄電部分の負担をほとんどせず、ニュータウン型スマートシティの恩恵を享受できた。

この「再生エネ+蓄電池=ダブルバッテリー方式」こそ、これからの郊外を含むコミュニティの新しいインフラと考えられる。

1. 経緯

もともと大阪府堺市は、2011年に「堺市立晴美台東小学校」跡地で「晴美台エコモデルタウン創出事業」の公募をおこなった。それを大和ハウス工業株式会社が受託。同10月に堺市と基本協定を締結。65区画の全ての住戸を「ZEH(ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス)」にすることで、日本初のネット・ゼロ・エネルギー・タウン開発となった。ちなみに「ZEH」とは住宅の躯体、設備の省エネ性能の向上、再生可能エネルギーの活用などにより、年間での一次エネルギー消費量が正味(ネット)でゼロ、または概ねゼロとなる住宅のことである。2012年秋から販売開始。2013年春より入居開始(以下SUUMO等HP参照)。完成名称が「スマ・エコタウン晴美台」(全65区画、総事業費は25億円で土地面積は1万6754平方メートル)、所在地は大阪府堺市南区晴美台1-38-1である。国(国土交通省が2012年度に公募した「第1回住宅・建築物省CO₂先導事業」)や堺市の補助金も出たために、太陽電池や蓄電池などのコスト増分はほとんど相殺できた³⁾。

2. 「晴美台エコモデルタウン」の特色

日本初のネット・ゼロ・エネルギー・タウン（創エネ、省エネ、蓄エネ）であること（65区画の全ての戸建住宅に太陽光発電システムとHEMS、家庭用リチウムイオン蓄電池を導入、さらに、LED、高効率給湯器（エコジョーズ、エコキュート）やコージェネレーションシステム（エネファーム、エコウィル）の採用により、ライフサイクルコストを削減。エアコンにたよらない換気によるパッシブデザイン、電気自動車のカーシェアリングによる省CO₂対策（省エネ）もおこなっている³⁾。

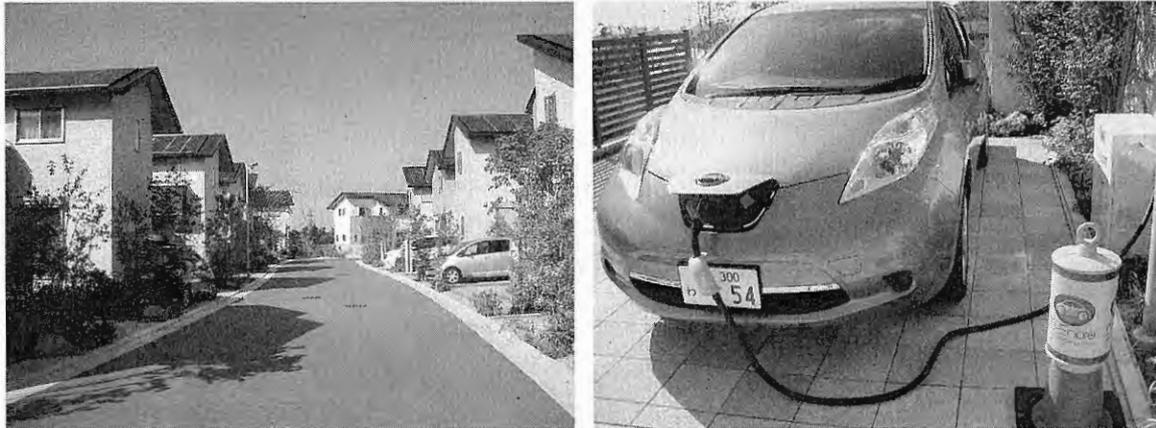


写真1・2：「晴美台エコモデルタウン創出事業」

（小長谷撮影2013年9月）

【注】

- 1) たとえば、兵庫県三田市の「アルカディア21」では空地を周辺住民がコモンズとしてポケットパークに再生した例がある。しかしすべての郊外でこのような対応がとれるわけではない。
- 2) 本研究では、概略をつかむため、CR、FAR等は都市計画的な外部変数とする。したがって、hも都心から郊外に向かって単調に減少する外生変数と仮定する。
- 3) 以下の竹田（2013）による。「スマ・エコタウン晴美台」については、2013年9月2日づけ日経産業新聞で竹田忍は以下のように述べている。「グリーンイノベーションーエコ生活も売電も、スマートタウンで育つ「賢い消費者」：大和ハウス工業が堺市南区の小学校跡地を再開発し、太陽電池とリチウムイオン電池を全棟に装備したスマートタウン「スマ・エコタウン晴美台」（全65区画）の分譲を開始した。半分の住宅は燃料電池も併設したトリプル電池で、エネルギー自給率をさらに高めている。今年4～6月のエネルギー自給率は89%に達した。・・・■再生可能エネを生産・販売 家族が仕事や学校に行って留守の昼間は電気消費が減る。太陽電池で起こした電気の一部は自家消費するが大半は売電に回る。深夜電力をため込んだ蓄電池は作動しないため、売電量を押し上げることはない。夕方になり太陽電池は発電せず、炊事などで電気の消費が増える時間帯になると蓄電池が割安な電気の放電を始める。結果として関電に支払う電気代を減らし、売電量の最大化につながる。こうした使い方は住民自身が編み出した。・・・」

【参考文献】

- 浅見泰司ほか編（2013）『人口減少下のインフラ整備』。
- 大島堅一（2010）『再生可能エネルギーの政治経済学—エネルギー政策のグリーン改革に向けて—』東洋経済新報社。
- 海道清信（2001）『コンパクトシティー持続可能な社会の都市像を求めて』学芸出版社。
- 海道清信（2007）『コンパクトシティの計画とデザイン』学芸出版社。
- 加藤文佳・今村俊文・鈴置保雄（2012）「日常交通行動の地域性を考慮した郊外住宅地における太陽光発電システム付戸建住宅居住の実質的省エネ性」『都市計画論文集』、Vol.47。
- 小長谷一之（2011）「津波防災と都市構造」『創造都市研究』第7巻第1号（通巻10号）。
- 小長谷一之（2005）『都市経済再生のまちづくり』古今書院。

佐々木公明(2003)『都市成長管理とゾーニングの経済分析』有斐閣。

週刊ダイヤモンド(2013)「太陽光発電の申請が何と原発20基分!“認定量”世界一でも喜べないお寒い現実」2013年07月16日。

高橋孝明(2012)『都市経済学』有斐閣。

竹田忍(2013)「グリーンイノベーションーエコ生活も売電も、スマートタウンで育つ「賢い消費者」」日経産業新聞2013年9月2日における記事。

玉川秀則編(2003)『持続可能な都市「かたち」と「しくみ」』東京都立大学出版会。

玉川秀則編(2008)『コンパクトシティ再考』学芸出版社。

中川雅之(2008)『公共経済学と都市政策』日本評論社。

日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット(2010)『エネルギー経済統計要覧』省エネルギーセンター。

Y.Shimoda, T.Asahi, A.Taniguchi, & M.Mizuno(2007) 'Evaluation of city-scale impact of residential energy conservation measure using the detailed end-use simulation model' "Energy", Vol.32, No.9, pp.1617-1633.

【ウェブサイト】以下大和ハウス、および2011年10月12日(水)SUUMO住まいに関するニュース

<http://www.daiwahouse.co.jp/release/20120730101620.html>

<http://suumo.jp/journal/2011/10/12/8566/>

・大和ハウス工業株式会社ホームページ

www.daiwahouse.co.jp/

・プレスリリースリンク先

www.daiwahouse.co.jp/release/20111006150008.html