

都市域の縮小と集中化に伴う 再生可能エネルギー生産ポテンシャルの評価

西山 悠介¹・花木 啓祐²・栗栖 聖³

¹ 東京大学学生 大学院工学系研究科都市工学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)

E-mail:nishiyama@env.t.u-tokyo.ac.jp

² 正会員 工博 東京大学教授 大学院工学系研究科都市工学専攻 (同上)

E-mail:hanaki@env.t.u-tokyo.ac.jp

³ 正会員 工博 東京大学講師 先端科学技術研究センター (〒153-8904 東京都目黒区駒場 4-6-1)

E-mail:kiyo@env.t.u-tokyo.ac.jp

わが国の将来の人口減少に伴い計画的に都市域を縮小させることによって生じる建物用地の跡地に目を向け、その余剰地で風力、太陽光、植物バイオマスによるエネルギー生産を行うことを検討した。2030 年を目標として都市域縮小シナリオを複数設定し、6 つの中規模都市におけるエネルギー生産ポテンシャルを計算した。地域差は風力発電において大きく表れ、エネルギー生産量では太陽光発電が最も高いポテンシャルを持つことが分かった。また、将来の人口減少率が小さい都市でも、中心部への集密化を図ることによって余剰地面積が増え、それに伴って特にバイオマス発電においてエネルギー生産ポテンシャルが大幅に上がることが分かった。

Key Words: urban shrinking, urban centralization, renewable energy, wind power, solar power, biomass

1. はじめに

地球温暖化問題が世界的に喫緊の課題となる中で、日本においても温室効果ガスの大幅な削減が求められている。低炭素社会の実現に向けた脱温暖化 2050 プロジェクトが 2007 年 2 月に発表した「2050 日本低炭素社会シナリオ：温室効果ガス 70%削減可能性検討」¹⁾では、2050 年に想定されるサービス需要を満足しながら、主要な温室効果ガスである CO₂ を 1990 年に比べて 70%削減する技術的なポテンシャルが存在することを明らかにし、その目標達成に必要なとされる技術の中でも再生可能エネルギーの生産というものを高く評価した。日本における再生可能エネルギー導入については、全国の市町村を対象に 5 種類の再生可能エネルギー導入可能性を推計した中口ら²⁾、需給バランスを考慮して再生可能エネルギー導入可能性を検討した青木³⁾などの既存研究が

ある。

一方、日本国内では 2005 年をピークに人口減少期に移行してきており、一部の大都市を除いて都市の人口は減り続けると予測されている。実際に 90 年代から徐々に地方都市の空洞化などが問題になってきており、計画なき撤退の後に残された住宅地跡は都市の衰退を象徴しているようである。しかし近年、都市のコンパクト化やスリムシティといった、積極的、計画的に都市構造をコンパクトにすることによって、社会環境をよりよくするという新しい発想が生まれてきており、都市のコンパクト化に伴う CO₂ 削減効果も研究がなされてきている⁴⁾。しかしながら、これらの研究は都市構造の変化による家庭や自動車などからの CO₂ 排出変化を考えているものが多く、都市域が縮小して住宅が撤退した後の余剰地の有効利用について研究している例はいままでなかった。

表-1 対象6都市の特徴

都市名		旭川市	いわき市	上越市	富士市	下関市	高知市
面積 ⁷⁾	[km ²]	748	1231	973	245	716	309
メッシュ数	[個]	807	1193	946	208	654	246
建物用地 ⁵⁾	[km ²]	67	80	72	38	36	35
人口密度 ⁸⁾	[人/km ²]	475	288	214	1,034	406	1,129
人口[千人]	1995 年 ⁹⁾	361	361	212	247	311	340
	2030 年 ¹⁰⁾	287	290	168	224	218	306
人口減少率	%	20%	20%	21%	10%	30%	10%
余剰地面積	人口減 A・B	14	16	15	4	11	4
[km ²]	10%集密化	19	22	21	7	13	7
	30%集密化	30	35	32	14	18	13
平均風速 ¹¹⁾	[m/s]	5.1	5.3	4.7	2.9	5.1	3
斜面日射量 ¹²⁾	[kWh/m ² ・day]	3.5	4.2	3.4	3.7	3.9	4.3

そこで本研究ではこの都市域縮小に伴って生じる建物跡地に注目し、その余剰地で風力、太陽光、植物バイオマスによるエネルギー生産を導入した場合どれほどのポテンシャルがあるのかを、それぞれの都市の地域特性を考慮して評価する。

2. 都市域の縮小に伴う余剰地の推定方法

人口の減少や都市の集密化によって起こる都市域の縮小に伴う余剰地について、その面積などの推定方法を説明する。

(1) 対象とする都市

今回対象としたのは旭川市、いわき市、上越市、富士市、下関市、高知市の六つの中規模地方都市である。

各都市の特徴を表-1 にまとめた。

(2) 使用データ

本研究では、都市域の縮小に伴う余剰地を推定する面的なデータとして国土数値情報を、余剰地が生じる割合を推定するために人口データを使用した。使用した各データについて説明する。

a) GIS データ

今回利用したのは国土交通省国土計画局が提供している国土数値情報の土地利用 3 次メッシュデータ⁵⁾、および行政区域データ⁶⁾である。土地利用 3 次メッシュデータは、全国の土地利用の状況について、3 次メッシュ(1km メッシュ)毎に、各利用区分の面積を整備したものである。本研究では平成 9 年度(1997 年

度)に作成されたデータを用いた。

本研究における都市域の縮小に伴う余剰地の推定では、この利用区分の中で建物用地の項目に注目し、**都市域縮小に伴う余剰地面積＝建物用地減少面積**として定義する。

一方、今回使用した行政区域データは平成 19 年度(2007 年度)のものであり、土地利用メッシュデータの作成時(1997 年度)から行政区域や市町村名が変わっているところがある。このため、必要なデータについては随時合併前のデータを足し合わせるなどして分析を行った。

この二つのデータを GIS ソフト、空間情報システム SISv6.2 に取り込んで重ね合わせることで、都市の土地利用状況を把握する。

b) 人口データ

本研究では都市域の縮小割合を推定するために、各都市の 1995 年人口と 2030 年推計人口の比を考えた。1995 年人口は、土地利用 3 次メッシュ作成年度である平成 9 年度(1997 年度)に近いデータとして、平成 7 年度国勢調査による 1995 年の市町村別人口⁹⁾を用いた。なお、行政区域は 2007 年現在のデータを用いているため、2007 年までに合併した市町村の人口は適宜足し合わせた。また、シナリオの設定年度である 2030 年の人口は、人口問題研究所による日本の市町村別将来推計人口¹⁰⁾より引用した。これらのデータをもとに、余剰地推定計算で用いる人口減少率 r を次のように定義する。

$$\text{人口減少率 } r = 1 - \left(\frac{\text{2030 年推計人口}}{\text{1995 年人口}} \right) \quad (1)$$

本研究では、人口減少に伴う建物用地面積の減少

率は、人口減少率に等しいとして計算を行った。

(3) 都市域縮小シナリオ

本研究では都市域縮小の要因を次の二つに分けて考える。

①都市内人口の減少によるもの

②都市中心部への積極的な集密化によるもの

縮小された都市の設定年度を2030年とし、以下の4つのシナリオで余剰地を推定した。各シナリオのイメージを図-1に示す。

a) 人口減シナリオA

このシナリオは、人口減少に伴う建物用地の減少により、都市全体で均等に空き地が生成されると仮定したものである。前述の通り、建物用地の減少率は人口減少率に等しいと仮定し、各メッシュの建物用地面積に人口減少率 r を乗じて各メッシュにおける余剰地面積とする。

b) 人口減シナリオB

このシナリオは、シナリオAと同じく人口減少に伴う余剰地を考えるため、生成される余剰地の総面積はシナリオAと等しい。シナリオAとの違いは、空き地が全体にまんべんなく散在するのではなく、都市周縁部からまとまった空き地を生成するという点である。具体的には、各メッシュの建物用地面積を総和した総建物用地面積に人口減少率 r を乗じて人口減少による総余剰地面積を算出し、建物用地面積の小さいメッシュからこの余剰地面積を割り当てていって余剰地とする。

このシナリオでは、各メッシュに均等な割合で空き地が生じるシナリオAと異なり、メッシュ内の建

物用地面積が0になるメッシュが都市周縁部に生じるため、まとまった土地が必要な技術も導入可能となる。

c) 10%、30%集密化シナリオ

このシナリオでは、人口減少に加え、積極的に都市を集約した場合における建物用地の減少も考える。具体的には人口減シナリオBを適用した後の建物用地から、さらに10%、30%の面積を余剰地として都市周縁部から減少させ、都心部への集約を図る。

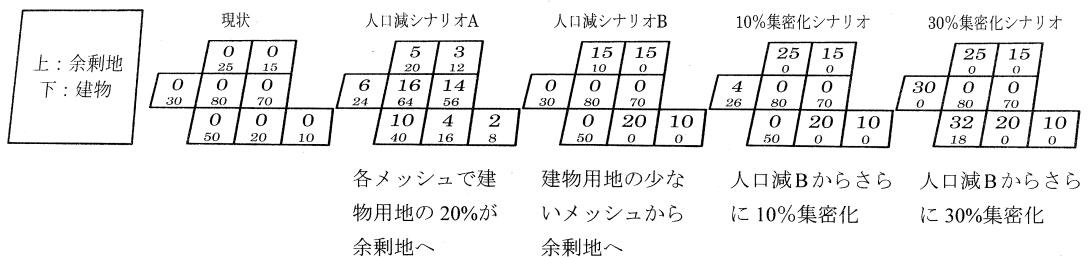
3. 再生可能エネルギー各システムの導入条件

(1) 風力発電

本研究で導入を想定する風車の規格を表-2に示す。出力曲線は簡単のため図-2のように1次式で近似した¹³⁾。

風力発電は、①メッシュ内の建物用地が全て余剰地になったメッシュ、②幹線交通用地が0でないメッシュ、③メッシュ内余剰地の面積が D^2 (D はロータ直径)以上であるメッシュ、の3つの条件を満たすメッシュに対して単基設置すると設定した。

①の条件はメッシュ内に居住区がある場合、住民への騒音や安全性を考慮すると風力発電の導入はふさわしくない¹⁴⁾と考えたため、②の条件は風力発電システム建設時の機材の搬入や、クレーン車などの工事用車両の通行に、十分な広さの道路が必要¹⁵⁾なため、③の条件は風車の据付(地組み)の際にロータ直径四方の占有面積が必要¹⁶⁾なためである。



総建物面積	300	240	240	216	168
総余剰地面積	0	60	60	84	132
人口減少分		60	60	60	60
集密化分		0	0	24	72

*人口減少率20%と設定

図-1 都市域縮小シナリオのイメージ

表-2 導入する風車の規格

定格 出力 [kW]	カットイン 風速 [m/s]	定格 風速 [m/s]	カットアウト 風速 [m/s]	ロータ 直径 D [m]	ハブ高 さ H [m]
1,000	3.0	13	25	60	70

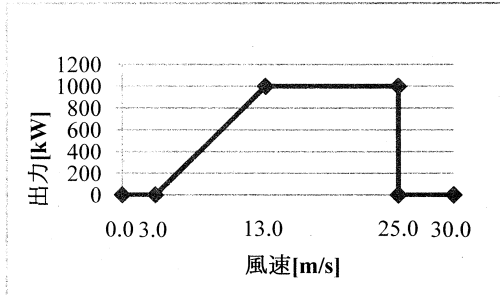


図-2 導入風車の出力曲線

表-3 導入する太陽電池の種類と効率

太陽電池種類	システム効率[kW/m ²]
多結晶 Si	13.9%

(2) 太陽光発電

本研究で導入を想定する太陽電池の種類とそのシステム効率¹⁷⁾を表-3にまとめた。

太陽光発電システムは設置場所の広さに関係なくどこにでも設置できるとし、本研究では全余剰地に太陽光パネルを敷き詰めることを考えた。すなわち余剰地面積＝太陽光発電面積とする。

太陽光パネルの設置角度は全都市において真南、傾斜角 30 度に統一する。

(3) バイオマス燃焼発電

今回導入を想定するのは木質系バイオマスとして竹、草本系バイオマスとしてススキの 2 種である。ただし、人口減シナリオ A ではススキのみを考えた。これは、まとまった土地が確保できないシナリオでは、木質系バイオマスである竹の育成は難しいと考えたためである。

各作物の年間成長量^{18), 19)}と高位発熱量²⁰⁾、及び糖分含有量^{21), 22)}を表したのが表-4である。

バイオマスの直接燃焼による発電効率は図-3に示されるように発電所の規模に大きく依存するため、本研究では耕作規模に応じた発電効率のスケールメリットを考慮する。

(4) バイオエタノール

バイオエタノール化に使う原料も、直接燃焼発電

と同じく竹とススキとする。

バイオエタノールの製造量原単位は平成 15 年度 NEDO 技術報告書²³⁾を参考に以下の式によって求めた。

$$E = \frac{a \times b \times c \times d \times e \times f \times g \times i}{h} \quad (2)$$

E : バイオエタノール製造量原単位[MJ/t-dry]

a : 原料バイオマスの糖分含有量[t/t-dry]

b : 粉碎収率 0.80²³⁾

c : 単糖生成率 1.11²³⁾

d : 加水分解収率 0.87²³⁾

e : エタノール生成率 0.51²³⁾

f : 発酵収率 0.90²³⁾

g : 精製収率 0.99²³⁾

h : エタノール密度 0.000789[t/L]²³⁾

i : エタノール発熱量 21.20[MJ/L]²³⁾

これにより、前出の各作物糖分含有量を a に代入することでバイオエタノール製造量原単位が求まる(表-5)。

表-4 導入する植物バイオマスの種類

作物種	年間成長量 [t-dry/ha/year]	高位発熱量 [GJ/t-dry]	糖分含有量 [t/t-dry]
竹	22	19.3	80.6%
ススキ	18.8	18.2	78.0%

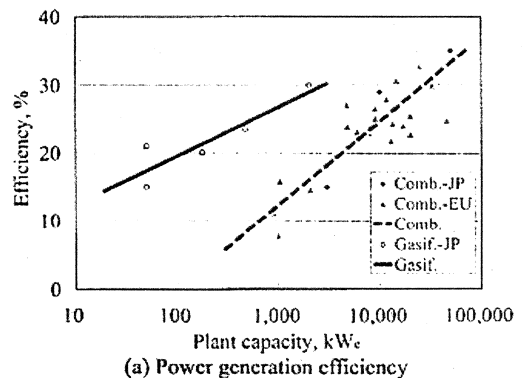


図-3 バイオマス発電の規模と発電効率の関係
(出典：八木ら(2007)²⁴⁾)

表-5 バイオエタノール製造原単位

作物種	バイオエタノール製造原単位	
	[L/t-dry]	[MJ/t-dry]
竹	341	7,223
ススキ	330	6,990

4. 各システムエネルギー生産量の計算方法

(1) 風力発電

風力発電の発電量に影響を与える地域因子として風況の違いを考慮した。

風速頻度分布を近似するために必要なワイブル係数 k と c の値(地上 70m)を NEDO の局所風況マップ¹¹⁾から引用してワイブル分布にあてはめ、前出の出力曲線を用いて年間発電量を計算した。具体的な計算手順は以下の通りである¹³⁾。

$$p(V_1 \leq V \leq V_2) = \exp\left\{-\left(\frac{V_1}{c}\right)^k\right\} - \exp\left\{-\left(\frac{V_2}{c}\right)^k\right\} \quad (3)$$

$$E = 8760 \times n \times \sum_i [P(V_i) \times p(V_i)] \quad (4)$$

$p(V) = p(V-0.5 \leq V \leq V+0.5)$: 風速 V [m/s]の発生確率

$P(V)$: 風速 V [m/s]における風車出力[kW](出力曲線より)

E : 年間発電量[kWh]

n : 時間稼働率 0.95

(2) 太陽光発電

太陽光発電の発電量に影響を与える因子として日射量の違いを考えた。

各都市における年間発電量は次の式によって算出する²⁵⁾。

$$P_{AS} = A \times \eta \quad (5)$$

$$E_p = H_A \times K \times P_{AS} \times 365 \quad (6)$$

P_{AS} : 標準状態における太陽電池システム出力[kW]

A : システム導入面積(=余剰地面積)[m²]

η : モジュール変換効率[kW/m²]

E_p : 年間発電量[kWh]

H_A : アレイ面日射量[kWh/m²/day]

K : 総合設計係数(システム出力係数)0.79²⁶⁾

アレイ面は前述したように真南、傾斜角 30 度に設定する。各都市の傾斜日射量は NEDO の提供している全国日射量平均値データマップ¹²⁾から、方位角 0 度、傾斜角度 30 度における年平均日射量を用いた。対象都市のデータがないところは、最も近い都市におけるデータで代用した。

(3) バイオマス燃焼発電

バイオマス発電の発電量に影響を与える因子として耕作面積の違いによるスケールメリットを考えた。八木ら(2007)²⁴⁾を参考に、バイオマス発電における発電所の規模 X [kW]と発電効率 y [%]の関係を式(7)のように設定する。

$$y = (\log_{10} X - 2) \times 12.5 \quad (7)$$

一方、発電所の規模 X [kW]は年間予想発電量 E [kWh]によって次のように表される。

$$X = \frac{E}{8760 \times \varepsilon} \quad (8)$$

ε : 設備稼働率 60[%]

また、年間予想発電量 E [kWh]は耕作面積 S [ha]、収率 Y [t-dry/ha]、収穫作物の高位発熱量 H [GJ/t-dry]、発電効率 y [%]および換算係数 278[kWh/GJ]を用いて次のようにも表すことができる。

$$E = S \times Y \times H \times \frac{y}{100} \times 278 \quad (9)$$

これらをもとに、各作物の耕作面積と発電所の規模、発電効率の割合を計算すると表-6 のようになる。

(4) バイオエタノール

バイオエタノールの年間製造量は、各エネルギー作物の年間成長量[t-dry/年]に表-5 の製造原単位を乗じて算出した。

表-6 耕作面積と発電規模・効率の関係

耕作面積 S		規模 X [kW]	発電 効率 y [%]
竹 [ha]	ススキ [ha]		
281 ~ 306	349 ~ 380	631	10%
307 ~ 337	381 ~ 419	759	11%
338 ~ 375	420 ~ 465	912	12%
376 ~ 418	466 ~ 519	1,096	13%
419 ~ 469	520 ~ 583	1,318	14%
470 ~ 529	584 ~ 657	1,585	15%
530 ~ 599	658 ~ 744	1,905	16%
600 ~ 680	745 ~ 844	2,291	17%
681 ~ 775	845 ~ 962	2,754	18%
776 ~ 885	963 ~ 1,099	3,311	19%
886 ~ 1,014	1,100 ~ 1,258	3,981	20%
1,015 ~ 1,164	1,259 ~ 1,444	4,786	21%
1,165 ~ 1,338	1,445 ~ 1,661	5,754	22%
1,339 ~ 1,542	1,662 ~ 1,914	6,918	23%
1,543 ~ 1,780	1,915 ~ 2,209	8,318	24%
1,781 ~ 2,058	2,210 ~ 2,554	10,000	25%
2,059 ~ 2,383	2,555 ~ 2,957	12,023	26%
2,384 ~ 2,763	2,958 ~ 3,428	14,454	27%
2,764 ~ 3,207	3,429 ~ 3,980	17,378	28%
3,208 ~ 3,727	3,981 ~ 4,626	20,893	29%
3,728 ~ 4,337	4,627 ~ 5,382	25,119	30%

5. 結果と考察

(1) エネルギー生産量各都市間比較

まずエネルギー生産の地域による差を分析するために、人口縮小シナリオを人口減シナリオ B に固定して考える。図-4 は、各都市における再生可能エネルギーの年間総生産量である。

発電システムごとに見てみると、エネルギー生産量が多い順に太陽光＞風力≧バイオエタノール＞バイオマス発電となっている都市が多い。特に太陽光発電は他エネルギーに比べ 10 倍～100 倍もの生産量が見込まれ、面積当たりの発電効率が非常に高いといえる。

バイオエタノールはエネルギーの種類が違うので単純な比較はできないが、エネルギー生産量としてはバイオマス発電よりも優れており、風況のあまりよくない富士市、高知市などでは風力発電よりも高いエネルギー生産ポテンシャルを持っている。

各都市間の違いについて見てみると、全てのエネルギーにおいて富士市と高知市が他の 4 都市よりも低い生産量となっている。これは、元の面積が小さい上に人口減少率も 10% 程度であるため、エネルギー生産の場である余剰地が十分生まれられないためであると考えられる。実際これらの都市の余剰地は他都市に比べ 1/3～1/5 程度しかなかった。また、いわき市は全ての再生可能エネルギーにおいて高い発電量を誇っており、旭川市や下関市では比較的風力発電が有利であるなど、各都市の特徴が表れている。

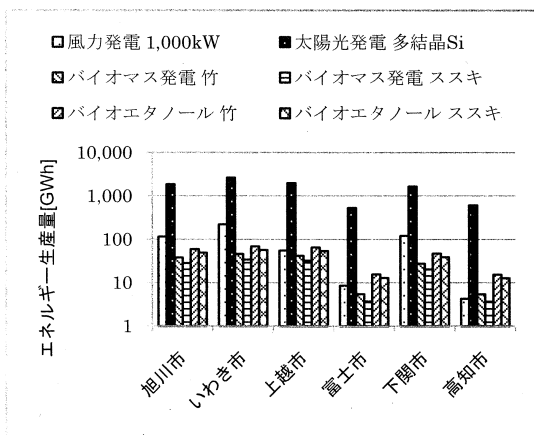


図-4 各都市におけるエネルギー年間総生産量

(2) エネルギー生産量シナリオ間比較

最後に、余剰地推定の都市域縮小シナリオの違いによる再生可能エネルギー生産の評価を、いわき市と富士市を例にとって行う。

a) いわき市の場合

まず、いわき市におけるシナリオ間の比較を図-5 に示す。

いわき市では人口減シナリオに比べて 10% 集密化では余剰地が 1.5 倍、30% 集密化だと 2 倍強に増える。これに伴って人口減シナリオと 30% 集密化シナリオにおけるエネルギー生産量を比較すると、風力発電は 1.4 倍、太陽光とバイオエタノールでは増えた余剰地の割合そのまま 2.2 倍、バイオマス発電においてはさらにスケールメリットが加わるため 2.8 倍の増加となっている。

b) 富士市の場合

富士市の各シナリオにおけるエネルギー生産量を表したのが図-6 である。

富士市では元の人口減少率が少ないため、人口減シナリオに比べ 10% 集密化で余剰地面積が 2 倍、30% 集密化で 3.9 倍に増える。これに伴って先ほどと同じように人口減シナリオと 30% 集密化シナリオを比較すると、太陽光発電とバイオエタノールは 3.9 倍、風力発電は 2.8 倍、バイオマス発電に至っては 7.7 倍も生産量が増加する結果となった。

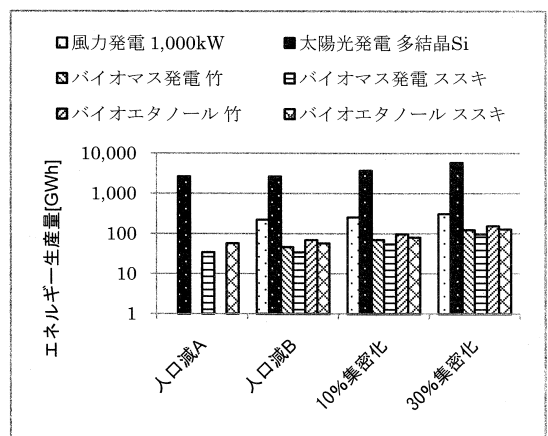


図-5 いわき市における各シナリオ間の比較

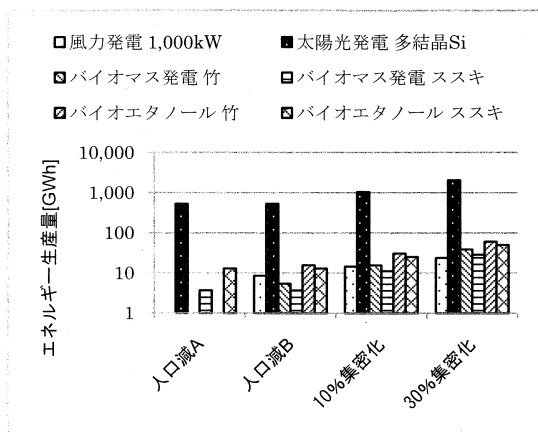


図-6 富士市における各シナリオ間の比較

6. まとめ

本研究の結果から、都市域縮小による余剰地を使ったエネルギー発電では、エネルギー生産量という観点からみると太陽光発電が最もポテンシャルが大きいということがわかった。実際、現状のエネルギー需要と比べると、産業が発達している富士市を除くと太陽光発電の供給量と電力需要が同程度になり、新規余剰地に敷き詰めるだけで都市のエネルギーを全てまかなえるということになる(なお、富士市では4分の1程度しかまかなえない)。一方、風力発電や植物バイオマスによるエネルギー生産は、生産量では太陽光発電に及ばないものの、場所によっては十分多くのエネルギーを生産することができることが分かった。風力発電は風況の良い都市に向いており、植物バイオマスによるエネルギー生産は風況が悪く、縮小規模の大きい都市ではかなり有効であると今回の結果からいえるだろう。人口減少率が小さい都市では中心部への積極的な集密化を図ることで生産ポテンシャルが大きく上がることも示された。

今後の課題としては推定の精度を上げることと具体的な都市域縮小の誘導策と実施プロセスの検討があげられよう。さらに、本研究で焦点を当てたのはエネルギーの供給側だけであったが、都市域縮小に伴うエネルギー需要の変化なども分析して供給側とつぎあわせることでより有用な分析評価ができると考えられる。さらに将来的には、生産したエネルギーの利用用途などを考えることで、エネルギーの自給自足、地産地消を目指した将来の都市構造の提案につながるができる。

謝辞：本研究は、環境省地球環境研究総合推進費 S-3-3「都市に対する中長期的な二酸化炭素排出削減策導入効果の評価」の助成を得た。

参考文献

- 1) 「2050 日本低炭素社会」シナリオチーム：温室効果ガス 70%削減可能性検討，2050 日本低炭素社会シナリオ，2007.
- 2) 中口毅博，青木雅樹：全国における再生可能エネルギー導入候補市町村の抽出とその分布特性，環境情報科学論文集，2006.
- 3) 青木雅樹：需給バランスを考慮した全国市区町村別再生可能エネルギー導入に関する研究.
- 4) たとえば，中道久美子，中島廣長，村尾俊道，西堀泰英，谷口守：集約型都市構造実現による CO₂ 削減効果の定量的分析，環境システム研究論文集，Vol.36，2008.
- 5) 国土交通省国土計画局：土地利用 3 次メッシュデータ 第 1.0 版 平成 9 年度，
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/jpgis/datalist/KsjTmplt-L03-a.html>
- 6) 国土交通省国土計画局：行政区域データ 第 1.0 版 平成 19 年度，
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/jpgis/datalist/KsjTmplt-N03.html>
- 7) 国土交通省国土地理院：全国都道府県市区町村別面積調，
<http://www.gsi.go.jp/KOKUJYOHO/MENCHO-title.htm>
- 8) 総務省統計局：平成 17 年国勢調査確定人口より計算.
- 9) 総務省統計局：平成 7 年国勢調査確定人口，
<http://www.stat.go.jp/data/kokusei/1995/08.htm>
- 10) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の市区町村別将来推計人口 市区町村別男女 5 歳階級別データ，
<http://www.ipss.go.jp/>
- 11) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)：局所風況マップ，
<http://app2.infoc.nedo.go.jp/nedo/index.html>
- 12) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)：全国日射量平均値データマップ，
[http://www.nedo.go.jp/software/MONSOLA05\(801\)_v1.1.lzh](http://www.nedo.go.jp/software/MONSOLA05(801)_v1.1.lzh)
- 13) 牛山泉：風力エネルギー読本，オーム社，2005.
- 14) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)：風力発電ガイドブック，pp100-101，2008.
- 15) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)：風力発電ガイドブック，pp100，2008.

- 16) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)：風力発電ガイドブック, pp102-103, 2008.
- 17) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)：2030年に向けた太陽光発電ロードマップ, 2004.
- 18) 坂志朗：バイオマス・エネルギー・環境, アイピーシー, pp67, 2001.
- 19) John C. Clifton-Brown, Paul F. Stampfl, Michael B. Jones: Miscanthus biomass production for energy in Europe and its potential contribution to decreasing fossil fuel carbon emissions, Global Change Biology(2004) 10, pp509-518.
- 20) N.El Bassam:エネルギー作物の事典, 恒星社厚生閣, 2004.
- 21) 農林水産省農林水産技術会議事務局：バイオマス変換計画, 光琳, pp.379, 1991.
- 22) 北海道立工業試験場：工業試験場報告 No.306.
- 23) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)：バイオマスエネルギー高効率転換技術開発／セルロース系バイオマスを原料とする新規なエタノール醗酵技術等により燃料用エタノールを製造する技術の開発平成15年度成果報告書, 2004.
- 24) 八木賢治郎, 中田俊彦：資源分布と技術特性を考慮した森林バイオマス小規模ガス化システムの経済性評価, Journal of the Japan Institute of Energy, 86, pp109-118, 2007.
- 25) 太陽光発電協会編：太陽光発電システムの設計と施工, オーム社, 2006.
- 26) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)：平成15年度 産業等用太陽光発電フィールドテスト事業における収集データ分析評価.

POTENTIAL OF RENEWABLE ENERGY PRODUCTION WITH SHRINKING AND CENTRALIZATION OF URBAN AREA

Yusuke NISHIYAMA, Keisuke HANAKI, Kiyo KURISU

Surplus land can be created in organized manner in the future in Japan. Energy production potential by wind power, solar power or biomass was evaluated for such surplus land. With assuming four scenarios of shrinking and centralization in 2030, energy production potential was calculated in 6 middle-size cities. In all scenarios, solar power has the highest potential of energy production, and wind power generation is highly dependent on regional characteristics. Solar power has the largest potential among the options. Furthermore, the case study shows that potential of energy production will increase, especially in biomass power, with promoting centralization of urban area.