

都市型小型風力発電装置による発電量の推定

桂 重 樹

Estimation of electric power output from a small wind turbine in an urban area

Shigeki Katsura

Abstract

Electric power output from a small wind turbine mounted on the top of a building in an urban area is estimated from wind velocity data measured at meteorological observatories in big cities. Data of six big cities in Tohoku area, Aomori, Akita, Morioka, Sendai, Yamagata, Fukushima and Yokohama, Nagoya, Osaka and Fukuoka were analyzed.

Hourly wind velocity data measured at the meteorological observatory from Jan.1 1999 to Dec.31 2003 were used. From these data, wind velocity of a 5 minutes interval was obtained using linear interpolation method. Then wind velocity was revised to the height where turbine was assumed to be mounted, according to the power law of vertical distribution of wind velocity. Surface roughness classification was assumed to be IV. Turbine was assumed to be mounted at height of 10m, 30m, 60m, and 90m. Power output at this height was calculated using wind data obtained above and specification curve of a generator. Maximum estimated power was obtained at the height of 90m at Akita city which was about 6500kW for a year.

Key words

wind, electric power generation, building, urban area,

1. 目的

風や太陽、波浪といった自然エネルギーを利用して電気を起こすことは以前から行われてきている。ヨーロッパやアメリカでは発電量がメガワットに迫るような大型のプロペラ風車を建設し、大規模に風力発電を行っている。ドイツでは原子力発電所をいずれ全廃する計画で風力発電所の建設を進めている。また、最近では二酸化炭素排出の増大による地球の温暖化、原油価格の上昇、原子力発電所の安全性の問題などから、風をはじめとした自然エネルギーを利用した発電の重要性が高まってきている。

風力発電を行う場合、地形的に見て強風が期待できる風の通り道に建設するのが一般的である。また、発電コストを下げるために現在では直径100mに迫るプロペラ型風車が開発され、主流になりつつある。このような大型風車は市街地近くに建設することは事実上不可能で、遠く人里はなれた山間部や海岸線に建設されることになる。日本では幌延町、青森県東通村岩屋など東北、北海道に多くの風力発電装置が建設されている。このような人里離れた場所に発電装置を建設することは、建設のためのコスト、発電した電気を利用する都会まで送電するためのコストがかかる。また、景観上の問題もありこの種の大型

の風力発電装置を建設できる場所はかなり限定されてきているとも言われている。さらに、2003年9月11日、宮古島を襲った台風14号により、多くの大型のプロペラ式の風力発電装置が倒壊した。

このようなことを踏まえ、筆者らは数年前から振動、騒音が少なく耐風性のある小型の風力発電装置の開発を行っている。このような小型の風力発電装置を市街地に建つ高層建物の上に設置することにより、電力の消費地に近いところで発電し、建設、送電コストを削減することができる。装置そのものが大型でないので発電量はそれほど期待できないが、電力消費の一部でもまかなうことにより従来の石化燃料や原子力により発電される電気の消費をわずかでも削減することが可能になる。本研究では、市街地にこのような風力発電装置を設置した場合に、予想される発電量の試算を過去の風速の観測データを下に行った。

2. 方法

2.1 対象都市

風力発電による発電量を予測する場合に発電装置の性能と同時に、風速のデータも必要となる。風速の観測は、公式には気象庁が行っておりそのデータを過去にさかのぼってさまざまな形式で入手することができる。

本研究では、1999年1月1日より2003年12月31日までの5年間のデータを対象として分析を行った。対象とした地域は、都市型風力発電を前提としているので東北地方の県庁所在地、青森、秋田、盛岡、山形、仙台および福島県の6都市と日本の中での大都市、横浜、名古屋、大阪、福岡の合計10都市の風速データを対象として分析を行った。東京にはいくつかの測定点があるが都心部では北緯35度41.4分、東経139度45.6分で観測を行っている。この点で測定されたデータを用いる

ことも検討したが、東京には世田谷、練馬といった他の観測点もある上に地域面積が広大であるので、あえて今回は分析の対象から除外した。

2.2 風速データ

気象庁が提供している気象観測データの中から風向、風速に関する毎時のデータを、電子閲覧室¹⁾から取り寄せた。2000年がうるう年であるので5年間で1826日となる。提供されているデータでもっとも時間間隔が短いのは一時間毎の測定値である。一日分として24時間分のデータがあるので各都市につき43824個のデータを取り寄せた。これらのデータから各測定時間の間の風速は線形に変化している、と仮定して5分間隔の風速値を算出した。結果的に各都市につき5年分の5分間隔の風速値のデータ、525,888個のデータから発電量の推定を行った。

2.3 風速データの高さ方向の補正

風速をはじめとして気象データの観測を行っているのは気象庁の各地の測候所であるが、測候所において地上どの高さにおいて気象観測を行うかはそれぞれの測候所で異なっている。対象とした都市の気象官署での風向、風速の測定高さは異なっており、表1に示す値となっている。対象とした都市の中では仙台市が高さ52mと最も高い場所で測定を行っている。低いところでは山形市の13.8mが

表1 各気象官署の風向風速計設置高さ

都市	風向・風速計設置高さ (m)
青 森	30.4
秋 田	39.9
盛 岡	15.2
山 形	13.8
仙 台	52.0
福 島	26.0
名古屋	17.9
横 浜	19.5
大 阪	22.9
福 岡	24.4

最も低い値となっている。風速は地上に限りなく近いところではほとんど0に近く、高さが高くなるほど風速が増大する傾向がある。従って測定高さが異なる測候所からのデータを用いて比較を行ったり、測定された高さとは異なる高さにおける風速を考える場合には補正する必要がある。

風速の鉛直方向の分布を求めるには、風速が指数則に従って高さ方向に分布していると考えるのが一般的である。その指数則の指数を考える場合に大都会市街地であるとか、草原であるとか地表面の粗さ、粗度を考える必要がある。地表面粗度、および鉛直方向の風速の補正方法に関しては、平成12年建設省告示第1454号に示されている方法を用いた。この告示では、地表面粗度として表2に示す4区分が提示されている。本研究では都市型の風力発電を考え、都市に建つビルの屋上に設置した場合を想定していること、また風速の分析対象とした都市を考慮して粗度区分IVとして風速の補正を行った。

表2 地表面粗度区分

I	都市計画区域外にあって、極めて平たんで障害物がないものとして特定行政庁が規則で定める区域
II	都市計画区域外にあって、地表面粗度区分Iの区域以外の区域（建物の高さが13m以下の場合を除く。）又は湖岸線（対岸までの距離が1,500m以上のものに限る。以下同じ。）までの距離が500m以内の地域（但し、建築物の高さが13m以下である場合又は当該海岸線若しくは湖岸線からの距離が200mを超え、且つ、建築物の高さが31m以下である場合を除く）
III	地表面粗度区分I、II又はIV以外の地域
IV	都市計画区域内にあって、都市化が極めて著しいものとして特定行政庁が規則で定める区域

鉛直方向の風速分布は、分布が指数則に従う、という前提で、次に述べる方法により求めることができる。H(m)は対象とする高さとする、平均風速の鉛直方向の分布を表す係数 E_r は下記の式で求めることができる。

$$H \text{ が } Z_b \text{ 以下の場合 } \quad E_r = 1.7(Z_b/Z_G)^\alpha \quad \text{——(1)}$$

$$H \text{ が } Z_b \text{ を超える場合 } \quad E_r = 1.7(H/Z_G)^\alpha \quad \text{——(2)}$$

ここに、

E_r 平均風速の高さ方向の分布を表す係数
 Z_b 、 Z_G 及び α 地表面粗度区分に応じて表3に掲げる数値

表3 地表面粗度区分と平均風速の高さ方向の分布を求めるための各係数

地表面粗度区分	Z_b (単位m)	Z_G (単位m)	α
I 都市計画区域外にあって、極めて平たんで障害物がないものとして特定行政庁が規則で定める区域	5	250	0.1
II 都市計画区域外にあって、地表面粗度区分Iの区域以外の区域（建物の高さが13m以下の場合を除く。）又は湖岸線（対岸までの距離が1,500m以上のものに限る。以下同じ。）までの距離が500m以内の地域（但し、建築物の高さが13m以下である場合又は当該海岸線若しくは湖岸線からの距離が200mを超え、且つ、建築物の高さが31m以下である場合を除く）	5	350	0.15
III 地表面粗度区分I、II又はIV以外の地域	5	450	0.2
IV 都市計画区域内にあって、都市化が極めて著しいものとして特定行政庁が規則で定める区域	10	550	0.27

ここでは、高さとして、地上にタワーを設置して発電装置を取り付けた場合を想定して10m、10階建ての建物を想定し30m、20階建てを想定して60m、および90mの高さの風速について発電量の推定を行うこととした。そこで各気象官署の風速計が設置されている高さでの風速を1.0とした場合の、上記各高さでの係数を(2)式により算出した。結果を表4に示す。この補正係数を用いて、各都市における5分毎の風速の値から、4通りの対象とした高さの5分毎の風速値を計算した。

2.4 発電機の性能

風力発電装置により得られた回転力で発電

表4 各都市における高さの違いによる補正係数

高さ (m)	青森	秋田	盛岡	山形	仙台	福島	名古屋	横浜	大阪	福岡
10	0.741	0.688	0.895	0.920	0.641	0.773	0.855	0.835	0.800	0.786
30	0.996	0.926	1.204	1.238	0.862	1.039	1.150	1.123	1.076	1.057
60	1.202	1.116	1.451	1.493	1.039	1.253	1.386	1.355	1.297	1.275
90	1.341	1.246	1.619	1.666	1.10	1.398	1.547	1.511	1.447	1.422

機を回すことによりはじめて発電が可能となる。ここでは発電機として、Energy Resource Development社により開発が進められている定格出力5kWのWindPorts²⁾に使用されている発電機を想定した。その発電性能曲線は図1に示すようになっている。風速約2.5m/sから発電を始め、14.4m/sで定格出力5kWに達する。これ以上風速が上昇しても出力は増大しない。しかし、十分耐風性のある発電装置を採用することで、回転を停止させる必要はなく、高風速域でも発電を継続することができる。この性能曲線を用いて各都市、各高さの5分毎の風速の値から発電量を推定した。

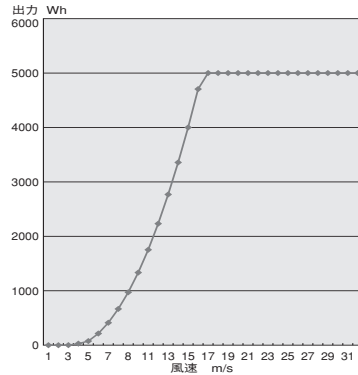


図1

から、著しい強風は歓迎されることはないの、人間は強風を避けて市街地を形成してきた。

以上のような理由から、人々が集まってすむ都市は比較的風が強くない地域であるといえる。ここで対象とした都市に関して言えば、年間の平均風速で最も高いのは秋田市の4.3m/sであり、山形市が1.7m/sと最も低い値となっている。他の都市もおおむね3m/s前後で全体の平均値は3.0m/sとなった。これは、先に述べたように強風を避けて市街地を形成してきた結果の賜物であるといえる。最大値では秋田市の22.5m/sが最大で、山形市の10.5m/sが最も低い値である。全体の平均値は15.2m/sとなった。

市街地は強風を避けて形成されてきた。一方で風力発電には極端な強風は必要ではないが、平均的に10～20m/s程度の風が吹いて

3. 解析結果

3.1 各都市の風速の特性

解析を行った各都市の毎時の風速の平均値および最大値を各月別に表5に示す。

風は夏季においては熱気を拡散し、快適な涼しさを得るためにある程度の風速は必要である。また、近年では市街地に滞留する自動車の排ガスなどを拡散させるために、意図的に風の道を作りある程度の気流の流れを確保する必要性に迫られている。一方で台風などの強風は、市街地においては屋根、看板類の飛散など災害を誘発する要因になるのであまり歓迎されたものではない。このようなこと

表5 各都市の月別風速の平均値と最大値 m/s

	横浜		名古屋		大阪		福岡		盛岡		仙台		青森		山形		秋田		福島	
	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値
1月	3.7	13.1	3.2	12.2	3.2	12.8	3.0	10.8	2.6	13.6	3.7	16.1	4.0	13.2	1.6	7.7	5.3	18.5	2.5	10.8
2月	3.6	12.0	3.3	11.3	2.6	13.4	2.8	11.7	2.7	10.2	3.7	16.4	4.2	17.1	1.7	7.4	4.9	17.5	2.6	9.5
3月	4.1	14.6	3.6	11.4	2.7	9.8	3.1	12.5	3.3	13.4	4.1	17.8	4.4	16.4	2.0	7.3	5.1	19.9	2.8	10.1
4月	4.1	12.9	3.3	12.1	2.7	11.0	3.0	9.6	3.4	12.6	3.6	14.1	4.1	17.6	2.1	8.6	4.8	14.3	2.8	10.8
5月	3.5	13.5	2.9	10.0	2.6	9.5	2.7	10.6	3.3	9.3	3.0	13.7	3.5	15.5	1.8	8.6	3.9	13.7	2.6	11.8
6月	3.3	12.4	2.6	12.2	2.5	9.6	2.6	12.5	3.0	9.6	2.7	13.4	3.5	16.7	1.6	7.5	3.7	13.9	2.2	10.3
7月	3.8	14.5	2.9	10.0	2.7	9.1	2.8	10.1	2.8	14.1	2.6	16.7	3.2	11.5	1.6	7.6	3.5	11.4	2.1	10.1
8月	3.4	12.3	3.0	12.5	2.8	10.9	2.9	12.1	2.8	9.5	2.6	12.4	3.1	10.9	1.6	7.4	3.5	11.9	2.2	10.0
9月	3.3	16.1	2.8	11.0	2.4	11.2	2.9	14.1	2.5	11.0	2.8	10.7	3.1	17.0	1.5	7.5	3.6	18.2	1.9	10.2
10月	3.3	12.6	2.7	9.6	2.2	7.7	2.5	10.7	2.4	13.1	3.0	14.1	3.6	16.9	1.6	8.4	4.1	18.0	2.0	11.2
11月	3.3	12.2	2.6	11.8	2.2	8.8	2.4	10.9	2.5	11.1	3.2	14.8	3.8	14.8	1.4	6.6	4.2	16.0	2.1	9.7
12月	3.4	12.1	2.9	10.0	2.6	10.8	2.7	11.1	2.8	14.9	3.6	16.2	4.2	15.1	1.6	10.5	5.2	22.5	2.5	12.2
5年間平均	3.6	16.1	3.0	12.5	2.6	13.4	2.8	14.1	2.9	14.9	3.2	17.8	3.7	17.6	1.7	10.5	4.3	22.5	2.4	12.2

いることが望ましい。その意味で、市街地で風力発電を行うことは一見矛盾しているが、市街地における風力発電は、強風が期待できる山間部や海岸線に風力発電所を建設することと比較して、電力の消費地の近くで発電をすること、建設のためのコスト、送電のためのコストがそれほどかからないこと、といったメリットが期待できる。さらに、騒音振動のほとんどない発電装置を開発することにより既存、新築を問わず、建物の屋上に発電装置を設置することが可能となる。また、建物の屋上部では建物周

囲に設けられたパラペットの作用により、屋上のある高さにおいて風速が増速される領域が存在することが確認されている。このような領域に発電装置を設置することにより、より効率の高い発電が期待できる。

3.2 発電量の推定

これまで述べてきた方法により各都市の発電量を推定した。5年間のデータから毎月の平均値を算出した値をkW単位で表示した値を表6に示す。

風速の測定データの中には機器の故障な

表6 各都市の高さ、月別推定発電量 kW

	高さm	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
青森	90	535.3	524.5	662.4	583.9	464.9	415.4	375.2	325.7	324.2	444.8	459.5	594.7	5710.6
	60	410.4	403.8	513.1	456.0	358.3	318.2	285.3	246.5	248.9	343.0	352.9	459.6	4395.9
	30	253.5	252.1	324.7	289.9	223.7	197.4	174.9	149.7	153.8	215.3	218.3	287.2	2740.7
秋田	10	111.3	112.2	148.7	133.3	100.6	87.7	76.3	63.7	66.9	96.1	96.1	128.8	1221.8
	90	882.4	677.2	780.2	639.5	412.4	349.7	293.0	302.7	346.6	487.5	510.3	844.0	6525.5
	60	699.9	536.6	614.7	493.5	312.7	265.2	218.8	226.5	266.9	377.8	397.8	676.8	5087.3
盛岡	30	452.2	346.5	397.5	308.9	190.3	160.1	129.0	134.1	165.4	235.9	249.1	442.6	3211.5
	10	215.0	162.4	187.6	139.2	80.8	66.5	50.6	53.1	71.1	104.8	111.2	211.7	1454.1
	90	303.7	318.9	560.9	600.1	531.6	425.6	361.6	352.3	302.9	289.2	311.1	400.9	4758.9
山形	60	229.7	240.6	433.1	464.8	405.8	323.0	274.9	264.9	228.6	220.0	236.4	306.6	3628.4
	30	139.4	145.1	271.1	292.1	251.2	197.2	167.7	158.4	137.7	134.1	144.0	188.6	2226.7
	10	58.5	60.8	121.8	132.3	110.8	84.2	70.2	64.0	57.4	56.4	61.8	82.1	960.2
仙台	90	111.2	110.7	175.7	229.4	156.3	116.1	126.2	117.5	93.8	118.5	78.8	109.3	1546.6
	60	80.7	80.5	130.0	172.7	116.2	85.5	93.2	86.7	68.9	87.3	56.8	79.6	1138.2
	30	45.1	44.9	75.2	103.8	68.1	49.3	53.9	50.0	39.5	50.4	31.1	44.5	655.9
福島	10	16.1	15.5	28.4	43.0	27.0	18.8	20.7	19.3	15.1	19.3	10.6	15.9	249.9
	90	357.0	305.3	436.8	321.6	195.9	153.9	129.3	150.2	149.0	195.8	214.8	308.0	2917.6
	60	272.1	231.9	337.8	244.3	145.3	113.4	94.7	110.7	108.9	145.1	159.3	233.5	2197.0
名古屋	30	165.7	141.0	210.4	148.1	84.3	65.1	53.4	63.8	61.3	83.6	92.2	140.6	1309.7
	10	70.1	59.1	91.6	62.1	32.0	24.1	18.7	24.0	21.6	31.3	34.5	57.7	526.8
	90	218.9	224.2	299.7	285.5	223.4	149.2	135.5	150.9	109.5	157.1	161.8	230.2	2346.0
横浜	60	163.9	168.3	226.2	215.4	166.9	109.7	99.0	110.6	79.9	117.6	120.9	172.7	1750.9
	30	97.6	100.8	137.0	130.4	98.5	62.8	55.8	62.8	45.2	70.1	71.8	103.3	1036.1
	10	40.3	41.6	58.2	55.0	39.2	23.5	20.0	22.9	16.6	29.1	29.3	42.6	418.1
大阪	90	465.2	452.5	602.6	492.5	357.4	280.2	344.5	377.3	311.9	283.6	285.6	370.3	4623.6
	60	355.3	346.4	466.4	378.1	269.4	210.7	259.3	288.0	234.8	211.9	215.7	279.8	3516.0
	30	218.9	213.9	291.9	234.4	162.5	126.1	155.6	175.3	140.2	125.5	129.7	169.4	2143.5
福岡	10	95.5	94.0	131.8	103.4	67.5	51.4	63.6	73.6	56.9	50.4	54.1	71.8	913.9
	90	572.2	462.7	720.9	698.6	476.3	419.5	588.1	464.0	408.5	397.9	426.3	463.7	6098.6
	60	443.7	353.2	563.8	548.5	363.7	320.6	451.9	353.1	311.2	300.7	324.4	353.1	4687.9
福岡	30	277.2	216.6	356.5	348.0	223.2	195.7	281.3	215.2	189.0	180.2	197.4	215.5	2895.9
	10	122.3	92.8	162.1	158.4	95.0	82.8	123.6	90.7	78.3	72.3	82.9	91.7	1253.0
	90	422.8	236.5	250.1	244.6	220.2	187.3	236.7	268.0	165.2	120.9	136.9	239.9	2729.0
福岡	60	323.6	177.8	186.3	182.2	163.0	137.6	175.4	199.9	120.2	86.4	99.6	179.5	2031.8
	30	199.5	106.4	109.7	107.1	94.5	78.5	101.9	117.8	67.1	46.5	53.9	106.8	1191.6
	10	86.9	44.1	43.1	41.9	36.1	28.6	38.6	46.2	23.5	14.9	20.0	43.4	467.3
福岡	90	321.4	273.9	371.3	321.3	252.8	206.9	260.1	307.4	318.2	215.1	215.7	267.7	3331.6
	60	242.1	207.0	281.9	242.4	189.2	153.6	194.1	232.1	242.4	160.6	161.4	201.3	2508.0
	30	145.9	125.6	172.4	146.8	112.5	89.5	114.5	140.0	148.9	95.1	96.1	121.0	1508.4
10	60.6	53.2	74.1	61.4	45.1	34.3	45.3	58.2	63.9	37.8	39.1	50.3	623.1	

どにより欠測値が入っている場合がある。本研究で用いたデータの中にも欠測値があったが、その場合の発電量は欠測になる前の値が継続したものとして発電量を推定した。

風速は指数則に従って高さが高くなればなるほど大きな値となる。表1に示した値から、高さ90mにおける風速は10mのその約1.8倍の値となることがわかる。風のエネルギーは風速の二乗に比例するので当然ながら低いところよりは高いところにおける発電量のほうが大きな値となる。

年間の発電量を都市別に比較した図を、高さ90mの場合について図2に示す。この図によると秋田と横浜における年間の推定発電量が6000kWhを超えていることがわかる。青森も5700kWhと大きな値となっている。このように海岸線に比較的近いところでは大きな値が期待できる一方で、内陸に位置し、地形的にも強風が吹く要因が少ない山形市においては1500kWhと秋田市の1/4にも満たないことがわかる。

建物屋上での発電を考えた場合、中小都市では高さ10階建て、約30m前後の建物を想定するのが現実的である。この建物の上に発電装置を設置し、パラペットによる増速を勘案すれば約60mに相当する発電量が期待できる。高さ60mにおける発電量は高さ90mにおける発電量の80%であり、その値は山形市の年間約1200kWhから秋田市の5200kWhとなっている。東北最大の都市仙台では2300kWhとなっている。

4. 考察

4.1 風の特徴

ここで扱った風速のデータは気象庁管轄の各測候所で測定された平均風速である。毎正時の平均風速とはその前の10分間の平均風速である。言うまでも無く、風は風速のみならず風向をも刻々と変化させている。風速に

関しては、測定された平均値よりも瞬間的には大きな値の風が吹いていることは十分考えられる。一般に、数秒間の平均値として観測される最大瞬間風速と平均風速の比をガストファクターというが、その値は1.5ないし2程度の値をとるといわれている。例えば仙台市における最大瞬間風速の極値は1997年3月11日に記録した41.2m/sであるが、この日の平均風速は24m/sでガストファクターは1.7となる。また2番目の極値を記録した1987年11月24日には最大瞬間風速38.7m/s、平均風速19.6m/sでガストファクターは1.97であった。このように、最大瞬間風速は平均風速と比較して2倍近い値になり、従ってこの値を用いて発電量を推定すればより大きな値が得られる可能性がある。しかし、風速14.4m/s以上では発電能力が5kWと一定であること、最大瞬間風速の継続時間が極めて短いことを考えれば、10分間の平均風速を用いて発電量を推定することで差ほど大きな誤差が生ずるとは考えられない。

風のもうひとつの特性として風向が変化するということがあげられる。一日の中でも変化するし、冬の北風、夏の南風、というように季節によっても変化することは周知のことである。発電装置が風向に追従できない場合には、風向の変化により発電効率が低下するので風向の変化をも考慮しなければならない。しかし、本研究では風向に追従できる発電装置を想定したので風向変化は考慮しないこととした。

4.2 発電量

わが国における一般家庭の1ヶ月あたりの電力消費量は、世帯人員、生活様式、地域、季節などにより変動し一口に平均値を算出することは難しい。また、本研究で検討している発電装置は一般家庭を対象としたものではなく、中層ないし高層の建物を想定している。しかし、この種の建物の1ヶ月あたりの消費

電力を算出することは、規模、地域、用途、季節など多くの変動要因を考慮しなければならないため、一般住宅以上に困難である。

そこで、ここでは想定した発電量を一般家庭における消費電力と比較することとした。一般家庭での消費電力に関してはさまざまな統計があるが、環境省地球環境局地球温暖化対策課で発行している環境家計簿によると、全国一般家庭1世帯あたりの1ヶ月平均電力使用量は3人世帯で386kWhとなっている。年間では約4800kWhとなる。本研究で対象とした定格出力5kWの発電装置で年間の発電量がこの値を上回るのは青森、秋田および横浜の高さ90mの場合と秋田の高さ60mの場合だけである。すなわち、それ以外の場合には3人世帯の一般家庭の年間消費電力すらまかなえない発電量であるということになる。金額に換算するとこの使用量での電気代は約5000円であるので、年間にして6万円ほどである。仮に10年使用したと考えると60万円にしかならず、その設置費用を考えれば、イニシャルコストに見合うだけの発電は期待できない、ということになる。

4.3 発電コスト

定格5kWのこの装置を都市部の建物の屋上に設置した場合の発電量は年間多くても5000kW程度であることが明らかになった。定格5kWといっても、これだけの電気を発電するようになるのは風速14.4m/s以上の場合であること、それだけの大きな風速が建物の屋上とはいえそれほど高い頻度で得られないことが発電量の少ない原因である。風環境を変えることなく発電量を増やすためにはより低い風速から多くの電気を発電できるように発電機の効率を改善するなどの工夫が必要となる。このような改良は別途議論するとして、ここでは、この程度の発電量が期待できる発電装置のコストについて検討する。

2004年現在、日本において電力各社が供

給している一般家庭向けの電気料金は契約の種類、使用量に応じて異なるが、おおむね1kWhあたり20円である。年間の発電量を5000kWと仮定しても、電気代と比較して考えれば、年間10万円、10年で100万円である。発電機の代金をこの電気料金だけでペイしようと思えば100万円以内の製品でないこと、10年使うとしても採算が合わないことになる。

この種の建物の屋上を設置場所として想定し、振動、騒音の発生しないように工夫された小型発電装置は現在のところ、大量生産体制が整っているものはない。本研究で想定しているものも装置を構成する部品はある程度数をまとめて作ることができるが、それらを組み立てるのはまったくの手作業である。また、発電装置を設置するための架台の製作費用や蓄電設備のための費用もそれなりに発生し、500万円以上の費用をかけないと設置することが難しい。

電力各社が行っている発電は、火力、原子力が主なものであるが、原子力発電所はさまざまな事故が発生していることからわかるように決して安全なものではない。また、原子力発電所から排出される放射性廃棄物、そして、原子力発電所が寿命を迎えたときに発生する施設全体の廃棄費用、これをどのように考えるかによってこれらの施設を利用した発電コストは大きく変わってくる。風力発電は風のエネルギーを利用して発電するもので、そのエネルギー利用効率は高くなく、また、風が吹かなければ発電できないというのではあるが、決して、放射能や火力発電所から排出される二酸化炭素のように汚染物質の廃棄という形で地球環境に、負荷をかけるものではない。そのような方法による発電に対して、現在の地球環境に負荷をかけている方法による発電と同じ土俵で比較することは妥当なことではない。地球環境を守るためにそれなりのコストがかかることを認識し、許容す

べきである。そのためのコスト増がどの程度まで許容できるかということに関しては、改めて議論しなければならないが、今後開発される小型発電装置においては、本研究で解析した推定発電量の結果を十分踏まえた上でその生産コストをコントロールする必要がある。

5. まとめ

都市に建つ中層、高層建物上に設置する小型の風力発電装置を想定して、それにより発電量の推定を、気象庁の測候所で測定されたデータを元に行った。対象とした都市は東北6件の県庁所在地および横浜、名古屋、大阪、福岡とした。解析の対象としたデータは1999年1月1日より2003年12月31日までの毎日の毎時データである。

各都市において測候所の高さが異なるために、大都市市街地を想定した粗度区分Ⅳとして建設省告示第1454号に示されている方法により、風速の鉛直分布を求めた。この分布から、地上10m、30m、60mおよび90mの高さに定格5kWの風力発電装置を設置したと想定して、それぞれの場合の年間発電量を推定した。

発電量の推定は、測候所で測定された毎時の風速データから各高さでの風速データを先に求めた鉛直分布より求めた。この毎時のデータから線形補完により5分間隔の風速データを求め、発電機の性能曲線より各風速に対応する発電量を求め、各月ごとの発電量、5年間の平均年間発電量を求めた。

結果、高さ90mにおいて秋田および横浜の年間発電量が6000kWを超えることがわかった。これら最も大きな値が期待できるところでの発電量を、現在の電気料金と比較して金額に換算すると年間12万円程度である。装置全体の生産、設置コストをこの金額だけでまかなうことは難しい。経済性だけで追求

していたのではこの種の発電装置の普及は困難である。地球環境に負荷をかけていないということを何らかの形で金銭に換算してこの種の風力発電装置の普及に取り組まなければならないことを示した。

謝 辞

本研究を行うにあたり尚綱学院大学の共同研究費の援助をいただいた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 気象庁電子閲覧室
<http://www.data.kishou.go.jp/>
- 2) WindPorts
<http://www.windports.com/eeol.html>