

# 第三章

卒業論文選

－目次－

				ページ
第三章 卒業論文選				
トピック	1班	2030年の日本の電力とスマートグリッド	(22)	45
	2班	2030年度の堺市におけるエネルギーの地産地消について	(22)	69

以下の2編の論文は、8つの班のSP卒業論文として制作されたもののうち、平成28年10月29日の国際シンポジウムにおいて、舞台上でプレゼン発表を行った2班のものである。なお、各論文の個別論述部分は、一部のみ掲載している。

論文の構成は次の様になっている。

－共通部分－
《序論》
トピック
DF（ドライビング・フォース）
SPマトリックス模式図
4つの象限の概要
《本論》
第一章 トレンドの動向
第二章 XY両軸の選定理由
－個別論述部分－
第三章 各象限の詳細なシナリオ等
《結論》

SP 卒業論文選

# 第1班

上野皓亮  
西田篤将  
川口瑞稀  
中島佑貴  
鈴木貴大  
福山和甫  
野村俊介  
村中俊雄  
山本里佳子

2030年の日本の電力とスマートグリッド

# 1 班 SP(シナリオ・プランニング) 卒業論文

## 【序論】

### I トピックの紹介と選定理由

トピック 「2030年の日本の電力とスマートグリッド」

日本は電力インフラが海外に比べて安定している国であるが、その日本でさえ東日本大震災により、深刻な電力不足を経験した。そのため今求められているのは、災害時に強い電力インフラであるスマートグリッドである。今まで通りの安定した集中型電源に加え、非常時には電源に異常があるところを他からカバーする分散型電源という形態・機能に、スマートグリッドの有用性がある。電気の需要が小さい場合には発電を控え、溜めている電気を使うなど効率が良い。地球温暖化がグローバルな問題になっている中、その主な原因であると言われる二酸化炭素を多く排出する火力発電に頼るべきではないが、実際今は必要である。そこでスマートグリッドは、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーを使って運用されるので、二酸化炭素排出量の軽減にも繋がると考えた。このような理由から、このトピックを選定した。

### II 2軸に挙げたDF(ドライビング・フォース)

「原発が再稼働するかどうか」、「系統側蓄電池が普及するかどうか」を2軸に選定する。  
(系統側蓄電池：発電・供給する側に設置する大型の蓄電設備)

### III 4つの象限の概要

第1象限「原子力発電所が再稼働し、系統側蓄電池が普及する場合」

他の電源に比べてコストが低い原子力発電により、原子力発電所を持っている大手電力会社の電気料金は値下げ出来る。出来るだけ光熱費で経費を浮かせたい一般家庭が価格の安い方に流れていくのは自然で、電力自由化を背景に新たに電力事業に参入してきた中小企業は価格競争に勝つことができず淘汰される\*1。また、蓄電池の普及で電気を従来より多く貯めることができるようになることで、大手電力会社は出力調整が行いにくい原子力発電や再生可能エネルギーの余剰電力を無駄なく活用することができる。その結果、再生可能エネルギーは増え、二酸化炭素排出量は減っていく。これは2030年に原子力発電と再生可能エネルギーの割合をそれぞれ20パーセントにまで引き上げようとしている今の政府にとってまさに理想の社会\*2で、天候などにより出力が予測しにくい再生可能エネルギーによる

逆潮流(自家発電事業者の消費する電力よりも自家発電事業者の発電する電力が上回り、その余剰電力が電力会社側へと戻ること\*3。)の問題などに対処するためスマートグリッドが普及する。ただ、スマートグリッドでは電氣的につながっているだけでなく、システム間で情報通信のやりとりを行い、膨大な量の個人住宅におけるプライバシーを把握している\*4なので、国民からの信頼を得るためサイバーセキュリティの強化がなされる。

#### 第2象限 「原発が再稼働せず、系統側蓄電池が普及する場合」

1年間で季節ごとに使う電気量が不安定だと発電量も不安定になり、送電網にダメージがかかるため電力をリアルタイムで管理する必要がある。系統側蓄電池をデータで管理し、安定供給を可能にすることによって天気によって発電量が左右される太陽光発電や風力発電が安定して利用できるようになる。また、災害時も発電で貯めていた電気を使うことができ、急な停電も起こらなくなると予想される。この第2象限の場合は原子力発電が再稼働していないため、原子力の代わりとなる、二酸化炭素を排出せず安定供給が可能なバイオマスや地熱発電を国が推進するようになる。すると、電力会社が利用者に負担させる賦課金が高くなる。大手電力会社は原子力発電がないために発電コストを削減できず、地域密着型の中小電力会社は再生可能エネルギーを取り入れ、大企業に淘汰されることなく中小電力会社も台頭できるようになる。よって、環境に優しく災害に強い社会になる。

#### 第3象限 「原発が再稼働せず、系統側蓄電池が普及しない場合」

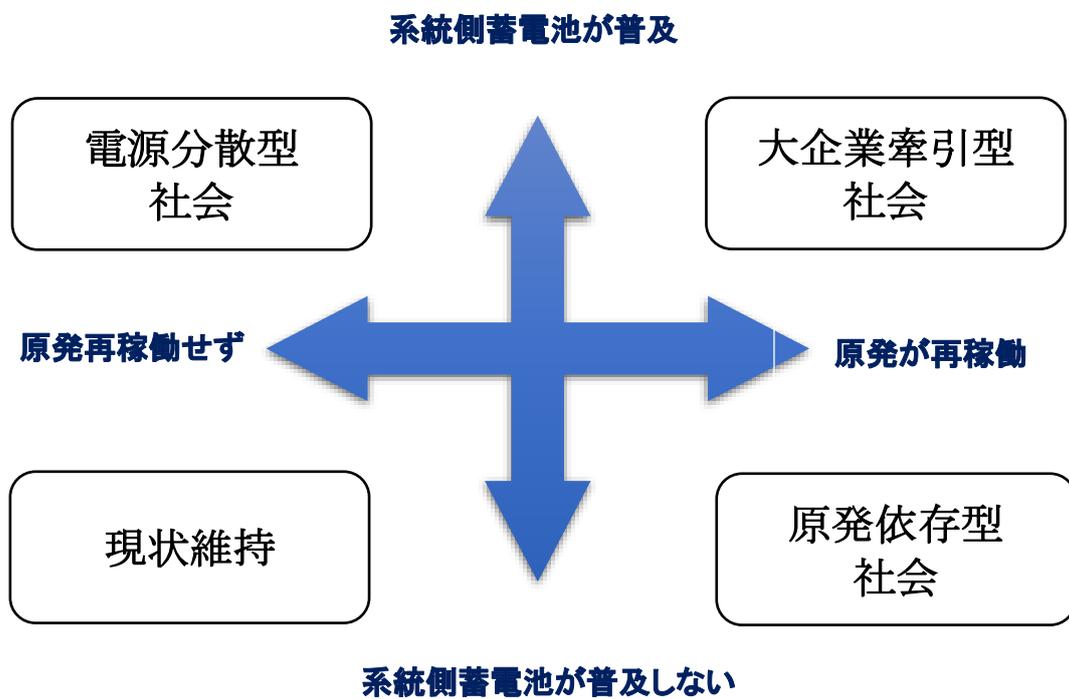
原発が再稼働しないので、最も発電効率が良く発電量の調整が容易な火力発電が原発の発電分を補うようになる。このことから火力発電の利用が増えてCO<sub>2</sub>排出量の増加、化石燃料への依存といった問題が強まる。これに対して政府は、原発のようにCO<sub>2</sub>を排出せず一定の電力を安定して低コストで供給できるバイオマス発電や地熱発電の普及を推進する。しかしこういった発電方法を推進させるには施設費などにコストがかかるため、初めのうちは再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度などの助けを借りて普及を目指す。これらの制度のもと、新規の中小電力会社でも参入しやすい環境が出来る。また、原発の維持費が原発を持つ大手電力会社の負担となり、系統側蓄電池による調整もできないため、発電コスト引き下げる妨げとなる。そのため大手によって市場が独占されることなく、電力業界では競争が生まれる。この競争の中、中小電力会社はコスト削減のため施設費が安く済む地域密着型再生可能エネルギーを利用した電力供給(IT技術による小規模の発電所の統合・発電量調整)を目指す。電力の安定供給が厳しいため実現は難しい。したがって電力の供給システムは今と変わらない。

#### 第4象限 「原子力発電所が再稼働し、系統側蓄電池が普及しない場合」

系統側蓄電池が普及していない状況では、再生可能エネルギーによる電力は安定した供給が難しい。そのため、発電会社は停電を引き起こすことを恐れて新規の再生可能エネルギーによる発電所への投資を減らし、すでにあるエネルギー発電設備の効率的な運用を模索し

ていくことになる。その方法の1つとして、気象庁や国土交通省が整備している統計\*5 を利用し、日射量や照射角のデータやメッシュデータ〔概ね国土地理院の2万5000分の1地形図（許容誤差：10m超）をベースに作成、国土交通省ホームページより〕によって発電量を正確に予想する\*6 ことで、需給を調整するように対応していく。しかし、ベースロード電源である原子力発電所が再稼働しているので、世界情勢に発電コストが左右されず、安定的かつ低コストで発電出来る原子力発電への依存度は、高いままとなっているだろう。

#### IV SP マトリックス模式図



## 【本論】

### 第一章 トレンドの動向

#### 1. エネルギーハーベスティングの普及

エネルギーハーベスティングとは人や橋梁の振動、室内の光など身の回りに存在するごくわずかなエネルギーを電力に変換するというものである\*7。エネルギーハーベスティングには1次電池の交換や配線、メンテナンスといった手間が不要になるという利点がある。具体的には、スイッチを押す力で発電するリモコンにより、乾電池が不要になるというようなものである。

今後急速に導入が進むと考えられるのは、エネルギーハーベスティングに関する電力回路などの発電機器の周辺部品が効率化することである\*8。現在エネルギーハーベスティングに関する世界市場規模の予測は様々であるが、英IDTechEx社によると、2010年には6億500万米ドルの市場規模が、2020年には44億米ドルまで広がると考えられている\*9。

スマートグリッドになぜエネルギーハーベスティングが重要なのかというと、スマートグリッドを管理するセンサー類をエネルギーハーベスティングすることで、取り替えなどの手間がなくなり、普及する基盤ができると考えられるからである。

#### 2. 環境保護に対する取り組み

現在、世界では環境保護に対する様々な取り組みが行われている。そしてそれらの取り組みは電力業界に大きな影響を与えると思われる。というのも、気候変動に対する取り組みは温室効果ガスの排出を制限するものであり、電気を発電する際に化石燃料に頼れば温室効果ガスを排出してしまうからだ。

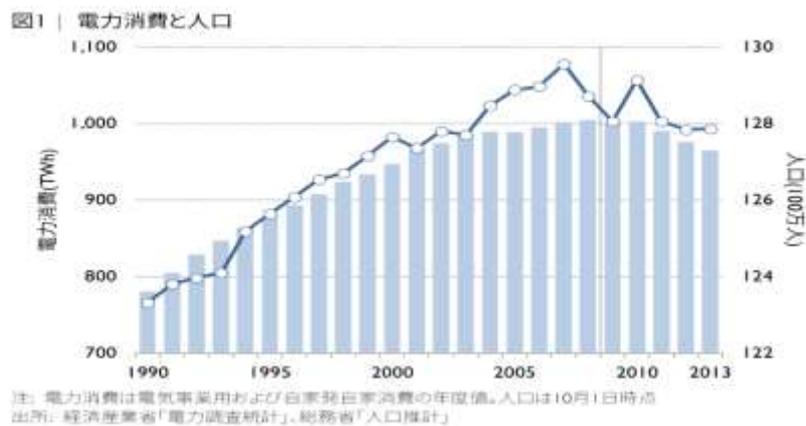
現在日本は、2030年に2013年と比べて温室効果ガスの排出を26%まで削減するという目標を国連に提出し、パリ協定の採択によって正式に国際公約となっている。削減の義務や罰則はないものの2年に1回国際機関の審査を受けなくてはならない。パリ協定に加盟している日本を始めとする各国政府は温室効果ガスの排出削減目標に向けて真剣に取り組むだろう。\*10

脱炭素化をすすめる上で費用が大きいなどの障害は存在するものの、現在エネルギー源の9割を輸入した化石燃料に依存する日本にとっては、再生可能エネルギーを導入することはエネルギー自給率を上げる、という点でも上記目標達成に大きな貢献を果たすだろう。

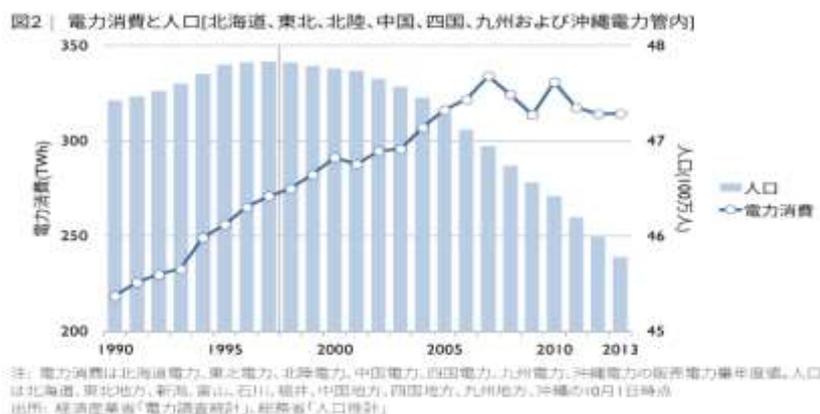
そして再生可能エネルギーの普及率が高まると、不安定な電力供給を管理するためにスマートグリッドの必要性が生まれるのである。

## 3.人口変動・経済変動と電力消費量の相関は低い

図 1\*11 を見ると、人口は 2009 年から減っており、電力消費量も 2009 年は落ち込んでいる。しかし、この年はリーマンショックがあり、それによる経済界への影響が大きく、電力消費量の落ち込みにつながったと考えられる。2011 年、2012 年の減少の背後には、東日本大震災を受けての節電が考えられる。また、記録的な冷夏であり、消費税増税のあった 2014 年にも電力消費量は減少している。このように、電力消費量の落ち込んだ年には何か社会、経済の大きな動きがあるのである。

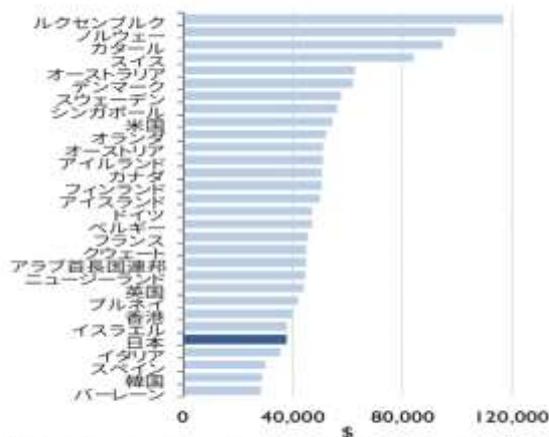


また、一般電気事業者のうち東京、中部、関西電力を除いた 7 つの会社(北海道、東北、北陸、中国、四国、九州、沖縄)の管内では図 2\*12 のように 1999 年からすでに人口は減少し始めているのだが、電力消費量の減少が始まるのは 2009 年、リーマンショックの後からである。そして 2009 年は世界全体で第二次世界大戦後始めて電力消費量が減少した年でもある\*13。



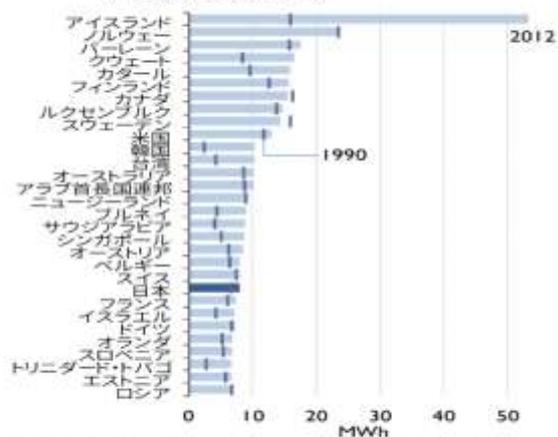
一人当たりの GDP と電力消費量の関係は、図 3, 図 4 のようになるが、おおむね上位 30 か国は両方に入ることが多く、GDP と電力消費量には多少の相関があるといえる\*14, \*15。また、図 2, 図 5 を比較して人口変動、及び、GDP と電力消費量との相関を見ると、GDP との相関の方がよいこともわかる。

図3 | 上位30国の1人あたりGDP (2014年)



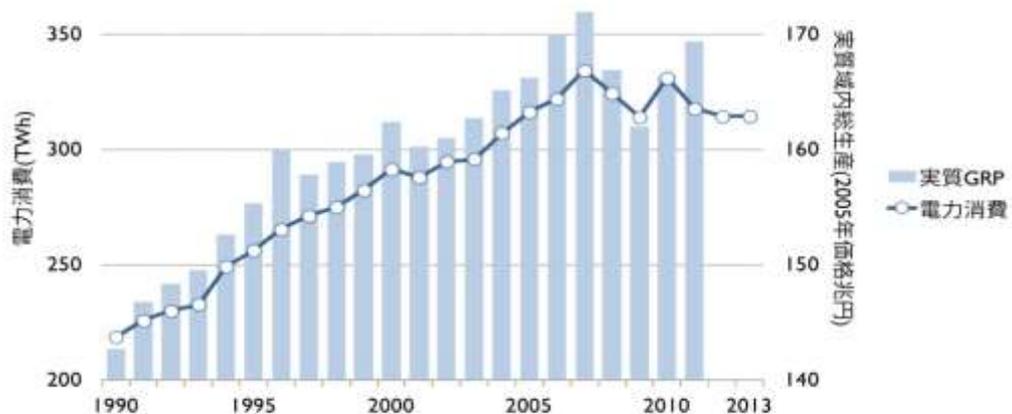
出所: International Monetary Fund "World Economic Outlook, October 2014"

図4 | 上位30国の1人あたり電力消費 (1990年、2012年)



出所: International Energy Agency "Energy Balances of OECD/Non-OECD Countries, 2014"

図5 | 電力消費と実質域内総生産[北海道、東北、北陸、中国、四国、九州および沖縄電力管内]



注: 電力消費は7社の販売電力量年度値。実質域内総生産(GRP)は北海道、東北地方、新潟、富山、石川、福井、中国地方、四国地方、九州地方、沖縄の年度値。2000年度以前のGRPは1995年基準の系列を接合。2012年度以降のGRPは未発表  
出所: 経済産業省「電力調査統計」、内閣府「国民経済計算」

また、今後は人口減少の加速が見込まれているが、2013-2033年の人口減少率は年0.4%であり、実際電力消費量に与える影響はそれほど大きくないだろう。対して、もっとも控えめな想定\*17でも一人あたりGDPは年率0.8%で増加する。このことから、今後も電力消費は増加していくと考えられる。

結論として、電力消費量と人口動態の関係は薄く、むしろ経済要因や社会要因の方が電力消費量に大きな影響を与えるのである。

## 第二章 XY2 軸の選定理由

### 【原子力発電所が再稼働するか】を X 軸に選定した理由

原子力発電所において注目すべき点は発電コストの低さと CO2 を排出しないという点である。まず、発電コストについては、石炭火力が 1kWh あたり 12.3 円、LNG 火力が 13.7 円であるのに対して原子力発電は 10.1 円と非常に安価である。『長期エネルギー需給見通し関連資料』資源エネルギー庁より) 原子力発電には多くの危険があり、事故の処理費を考えると決して安くはないという指摘があるが、ここで重要なことは実際に関西電力等旧一般事業者が原子力発電所が再稼働すれば値下げを行うと発表している点である。値下げが行われた場合、自由化された電力市場の価格競争は熾烈なものとなり、発電事業者の構成に大きく影響を与えることが考えられる。

次に CO2 を全く排出しないという点について、政府はエネルギー供給構造高度化法において、電気事業者に対して非化石燃料による発電の割合を 44%にすることを義務づける方針を発表している。実際には義務づけを取りやめたとしても政府が非化石燃料の割合を高めて CO2 排出量を減らそうとしていることは確実であり、原子力発電所が再稼働できなかった場合、達成は非常に困難となるため、代替となる再生可能エネルギーの普及が進められると考えられる。

以上のように原子力発電所の再稼働はスマートグリッド関連のプレイヤー構成やエネルギーミックスに大きな影響を与えるため、インパクトの面において軸にふさわしいと言える。

不確実性の面においては、再稼働に向けての様々な障壁が考えられる。原子力発電所の再稼働には審査に合格し許可を得る必要があるが、現在 51 基のうち 17 基が審査中 18 基が審査未申請となっており、再稼働するかは非常に不確実である。また、許可が下りたとしても住民の反発や高浜原発のように司法によって再稼働が止められることも十分考えられる。このように原発の再稼働には様々な条件が必要であり、不確実性は非常に高いと言える。

### 【系統側蓄電池が普及するかどうか】を Y 軸に選定した理由

インパクトの面で軸にふさわしいと判断した理由は大きく 2 つある。1 つ目は再生可能エネルギーの普及の促進につながるという点。2 つ目は全体的なコスト削減につながるという点である。これらは IEC (国際電気標準会議) の掲げるスマートグリッドの目標である電力価格の低下や電力供給の安定化に大きく関係している。

まず、1 つ目を考える。

電力網を考える上で重要な電力の性質は、“貯めることができない”という点である。この性質のため、発電側にはリアルタイムで電力需要に合わせた発電をすることが求められる。しかし、近年増加している再生可能エネルギーからの不安定な電力は発電予測が難しく、電力需要から大きく逸脱した発電をしてしまう可能性がある。余剰電力は電力網の周波数を不

安定にし、電子機器にダメージを与えてしまう。これは再生可能エネルギーの欠点の1つであり、解決には再生可能エネルギーからの電力供給を自動的に遮断する装置、あるいは、系統側蓄電池の導入による電力量の調整が考えられる。前者は余剰電力にはそれを遮断して対応できるが、不足時には別の電源から補うしかなく、バックアップ用に余分な電源を確保しなければならないことは、電力事業者の負担の増加につながってしまう。また、余剰電力は電力網から遮断されてしまうため、発電施設の稼働率が低下し、発電コストが上昇してしまう。対して、後者の系統側蓄電池の導入では、余剰電力は蓄電するため無駄にならず、不足時には蓄電池から放電することで補うことができる。再生可能エネルギーを持つ電力事業者は稼働率を上げることができ、コストが低下し、再生可能エネルギーの普及につながる。このように系統側蓄電池は電力供給を安定化させるだけでなく再生可能エネルギーの普及にも重要である。

次に2つ目について考える。

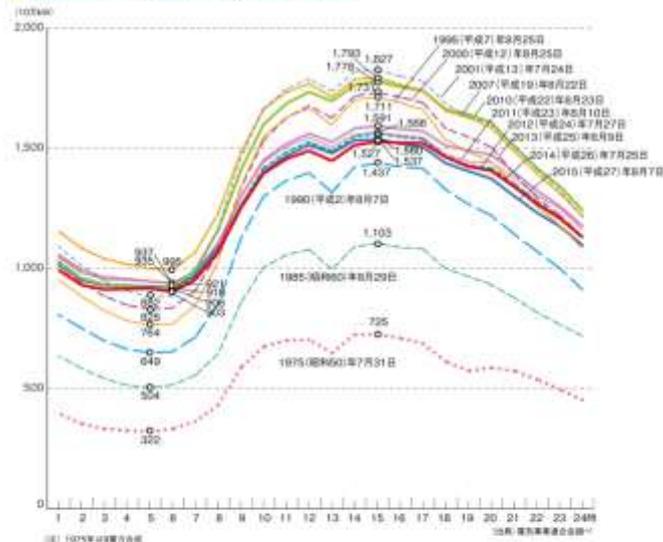
電気を貯められるようになることは最大電力需要量に合わせた発電設備を持つ必要がなくなることを意味する。電気事業連合会によると、ピークとボトムには電力需要に約2倍の格差があり、電力事業者はピークの電力需要を賄えるだけの設備を維持しなければならないため、ボトム時には稼働率が大きく低下してしまう。(上のグラフを参照)系統側蓄電池が導入されれば電力需要の波を平準化できる。そして余分な設備を保持する必要もなく、稼働率の低下も防ぐことができるためコストの低下が実現できる。これらのコストの低下は電気料金の上昇を防ぐことができ、スマートグリッドの目標達成にもつながる。

## a-10 最大電力発生日の時間別電力需要の推移

- 1日の中で電力需要のピークとボトムに約2倍の格差。
- 時間による需要の格差は、設備利用率を低下させる。
- 電力会社は、さまざまな方法によって格差の縮小に取り組んでいる。

最大電力を記録した夏のある1日の中での電力需要の変化をみると、近年の電気の使われ方に大きな特徴があることがわかる。最も消費が多いピーク（昼間）と最も消費が少ないボトム（夜間）では約2倍の格差が生じている。電気は貯えておくことができないエネルギーであるため、安定供給のためにはつねに必要なピークに見合った能力の設備をつくって対応しなければならない。したがってこのような時間帯の違いによる電力需要の格差は、設備の利用率を低下させ、電力供給コストを上昇させる一因となっている。電力会社は、さまざまな方法によって格差の縮小に取り組んでいる。

● 最大電力発生日における電気の使われ方の推移（14電気会社）



以上のように系統蓄電池の普及は電力供給を安定化することで再生可能エネルギーの普及や発電コストの低下に貢献し、スマートグリッドの未来に大きく影響することが分かる。不確実性の面においても系統側蓄電池の普及が軸にふさわしいと判断した理由は、その価格である。

資源エネルギー庁の長期エネルギー需給見通し関連資料によると、現在系統蓄電池の価格は5~10万円/kWhである。また、蓄電池はコミュニティ需要の1/3程度が賄えることが望ましいとされている。関西電力の2017年4月23日の電力使用量を見てみるとピーク時の19時台には1541万kWの需要があった。この1/3を賄おうとすると約500万kWhの蓄電池が必要であり、2.5兆円もの費用がかかる。この高額な蓄電池の導入は難しく、あまり進んでいない。現在はフライホイールなどの新たな蓄電池が開発中であるが、どこまで低価格になるかは非常に不確実である。このように技術面が原因で系統蓄電池の普及は軸にふさわしい不確実性を備えていると言える。

#### 【注及び解説】

\*1 『電力自由化のインパクトと予想される未来』 2015年10月

<https://thefinance.jp/strategy/150709>

\*2 経済産業省『長期エネルギー需給見直し』 2015年7月

[http://www.meti.go.jp/press/2015/07/20150716004/20150716004\\_2.pdf](http://www.meti.go.jp/press/2015/07/20150716004/20150716004_2.pdf)

\*3 SB エナジー株式会社『逆潮流とは』

<http://www.sbenergy.jp/study/dictionary/156.html>

\*4 『スマートグリッド 攻撃のシナリオ』 2014年7月

<http://blog.trendmicro.co.jp/archives/9497>

\*5 国土交通省数値情報 <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>

気象庁 気象データ

[http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec\\_no=&block\\_no=&year=2017&month](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=&block_no=&year=2017&month)

\*6 太陽光の発電量予測技術 富士電機

[http://www.fujielectric.co.jp/about/company/gihou\\_2013/pdf/86-03/FEJ-86-03-0207-2013.pdf](http://www.fujielectric.co.jp/about/company/gihou_2013/pdf/86-03/FEJ-86-03-0207-2013.pdf)

\*7 日本経済新聞 2010年10月5日 「“電池不要”の世界が動き出す エネルギー・ハーベスティング」

[http://www.nikkei.com/article/DGXNASFK2901S\\_Z20C10A9000000/](http://www.nikkei.com/article/DGXNASFK2901S_Z20C10A9000000/)

「センサーネットに不可欠な環境発電技術、実用化の準備が着々進む」

<http://eetimes.jp/ee/articles/1107/14/news076.html>

\*8 発電した電力を高効率に利用するための電源回路や、信号の送受信に利用する無線 IC、制御マイコン、センサなどが大幅に低消費電力化したことを指す。これまでの低効率な発電デバイスでは発電した電力を自分で消費つくしてしまっていた。

\*9 「エネルギーハーベスティングとは」

<http://iot-jp.com/iotsummary/iottech/power/energyharvesting/エネルギーハーベスティングとは.html>

\*10 COP21「パリ協定」が日本に迫るもの～原発再稼働・増設の是非と再エネ普及に伴う国民負担増：研究員の眼 2015年12月22日

[http://www.huffingtonpost.jp/nissei-kisokenkyujyo/cop21\\_5\\_b\\_8851370.html](http://www.huffingtonpost.jp/nissei-kisokenkyujyo/cop21_5_b_8851370.html)

\*11~16 『人口減少と電力需要：神話と真実』 IEEJ2015年2月 2015年

\*17 内閣府 『中長期の経済財政に関する試算』 p6 ベースラインケース

\*18 電気事業連合会 (2016) 「FEPC INFOBASE 2016」 P12

---

## 以下、個別論述部分

---

### 第三章 各象限の詳細なシナリオ

#### 【第1象限】

「原子力発電所が再稼働し、系統側蓄電池が普及する場合」

#### シナリオ・タイトル『大企業牽引型社会』

野村俊介

2011年の東日本大震災による福島第一原発事故により、国内の原子力発電所が全て停止した。発電コストの低い原子力発電で電力供給が出来なくなり、その分発電コストの高い石油や天然ガスなど使用により燃料費がよりかかるようになった。そのため、一般家庭向けの電気料金は年々上昇している\*1。

しかし、原子力発電所が再稼働することで、原子力発電所を持っている大手電力会社は当面電気料金を下げることが出来る。光熱費で経費を浮かせたい一般家庭は価格の安い方へ流れ、電力自由化を背景に新たに電力事業に参入してきた中小電力会社は価格競争に勝つことができず淘汰されていく。結局、価格競争が無くなって行き、大手電力会社が市場を独占するようになるため、電気料金は最終的には高い値段に落ち着くだろう\*2。

また、原子力発電所が再稼働することで石油などの中東依存度を下げることが出来るようになる。現在、日本は石油の約80パーセントは中東に依存しているが、中東の資源国は2014年に急激に値段が下がったまま経済が低迷し、今後も中東の社会情勢は悪化していくように思われる\*3。日本としては安定的に電力を供給するためには、出来るだけ輸入に頼らない方が望ましい\*4。

持続可能な低酸素社会を実現するために再生可能エネルギーを大幅導入するとき、避けては通れないのが余剰電力や逆潮流の問題である。太陽光発電が増加していくと、需要家の電気の消費量より発電量が上回るため電気が逆向きに流れ家庭の電圧が上昇する。これにより適正電圧から外れる恐れがあり、送電ロスなど、太陽光発電の稼働率低下が生じる。また、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギー出力は、天候などによって左右されるため、導入量が増加すると需要と供給のバランスが崩れ、周波数が適正值から外れる恐れもある。従来の送電網ではこれらに対処することが難しい\*5。

そこでスマートグリッドが必要になってくる。再生可能エネルギーの発電量を予測したり電力受給者の電力使用状況を管理したり、系統側蓄電池によって電気を従来より多く貯めることが可能となることで、大手電力会社は出力調整が行いにくい原子力発電や再生可能エネルギーの余剰電力を無駄なく活用することができる\*6。これは2030年に原子力発電と再生可能エネルギーの割合をそれぞれ20パーセントにまで引き上げようとしている今の政府にとって、まさに理想的状況である\*7。また、スマートグリッドは世界規模で注目を集めているため、環境・エネルギー技術で世界に勝負できる日本企業は海外にも市場を拡大で

きる。

ただ、スマートグリッドでは電氣的につながっているだけでなく、システム間で情報通信のやりとりを行い、膨大な量の個人住宅におけるプライバシーを把握している\*8 ので、国民からの信頼を得るためサイバーセキュリティの強化がなされる。

#### 結論

原子力発電所が再稼働し、系統側模蓄電池が普及した場合、大手電力会社が有利になり電気料金は高いまま落ち着く。また、石油などの中東依存度を下げられるようになり、電力の安定供給が可能となる。持続可能な低酸素社会を生み出そうとしている政府の後押しもあり、今後大幅導入が予想される再生可能エネルギーであるが、余剰電力を減らし、市場を拡大するためにもスマートグリッドが普及していく。

#### 用語説明

・逆潮流 自家発電事業者の消費する電力よりも自家発電事業者の発電する電力が上回り、その余剰電力が電力会社側へと戻ること\*9。

#### 参考文献

\*1 『電気料金値上げを続ける理由と今後の電気料金は？』 2016年2月

<https://www.tainavi-switch.com/sp/contents/85/>

\*2 『電力自由化のインパクトと予想される未来』 2015年10月

<https://thefinance.jp/strategy/150709>

\*3 『原油先物価格の推移』 2017年7月

<http://www.garbagenews.net/archives/1876659.html>

\*4 経済産業省 『日本のエネルギーのいま 抱える課題』

[http://www.meti.go.jp/policy/energy\\_environment/energy\\_policy/energy2014/kadai/](http://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/energy_policy/energy2014/kadai/)

\*5 東芝 『スマートグリッドにおける監視制御技術』 2013年8月

[http://www.toshiba.co.jp/tech/review/2013/08/68\\_08pdf/a03.pdf](http://www.toshiba.co.jp/tech/review/2013/08/68_08pdf/a03.pdf)

\*6 NEDO 再生可能エネルギー技術白書 『スマートグリッドの技術の現状とロードマップ』

<http://www.nedo.go.jp/content/100107277.pdf>

\*7 経済産業省 『長期エネルギー需給見直し』 2015年7月

[http://www.meti.go.jp/press/2015/07/20150716004/20150716004\\_2.pdf](http://www.meti.go.jp/press/2015/07/20150716004/20150716004_2.pdf)

\*8 『スマートグリッド 攻撃のシナリオ』 2014年7月

<http://blog.trendmicro.co.jp/archives/9497>

\*9 SB エナジー株式会社 『逆潮流とは』

<http://www.sbenergy.jp/study/dictionary/156.html>

## 【第2象限】

「原発が再稼働せず、系統側蓄電池が普及する場合」

## シナリオ・タイトル『電源分散型社会』

川口瑞稀

省エネルギーセンターによると、現在の家庭の年間電気使用量は、4人家族での平均電気使用量はおよそ18.5kWhで、年間を通して消費する家電はエアコン、冷蔵庫、照明器具、テレビなどが挙げられる。この中でエアコンは一年を通して電気使用量の偏りが大きく、夏や冬はエアコン使用量が増え、春や秋にはエアコンをあまり使用しない家庭が多くある。このように、一年間で電気使用量が大きく変わってくると発電量が不安定になり、発電量が不安定だと送電網にダメージがかかるため、電力をリアルタイムで管理する必要がある。

このような状況では、系統側蓄電池をデータを用いて管理することによって安定供給が可能になり、天気によって発電量が左右される太陽光発電や風力発電を安定して利用出来るようになる。つまり、消費者が使用する電力の情報を発電設備に送信し、この電力の情報に従って発電することで電力の過剰供給や電力を不足解消できる。このようにして発電量が不安定な太陽光発電や風力発電を安定して利用出来るようになる。

このようなシステムは、すでに欧米では小売電気事業者がスマートメーターのデータを分析し、料金メニューを開発する取り組みとして行われている。日本でも2016年4月から電力自由化が始まり、欧米同様の販売手法が求められるようになる。CTC（伊藤忠テクノソリューションズ株式会社）は性能評価を実施したシステムを3月までに製品化して、電力会社や新電力を対象に販売する予定である。

また、系統側蓄電池の開発は災害時も発電でためていた電気を使うことができ、急な停電も起こらなくなると予想される。

2011年3月に東日本大震災が起こり、日本では原発は危険なものであるため再稼働すべきでないという主張する人が多くいるが、原子力発電は他の電源と比べ発電コストが低いので電気料金を下げることが可能になる。

しかし、この第2象限の場合は原子力発電が再稼働していないため、原子力の代わりとなる、二酸化炭素を排出せず安定供給が可能なベースロード電源である、バイオマスや地熱発電を国が定めた価格を電力会社で買う義務があり、電力会社が利用者に負担させる再エネ発電付加金が高くなる。

また、大手電力会社は原子力発電がないため、発電コストを削減できず、地域密着型の中小電力会社は蓄電池によって安定的に電力を供給することができるので再生可能エネルギーを取り入れ、大手電力会社を淘汰することなく、中小電力会社も対抗できるようになる。よって環境に優しく災害に強い社会になる。

[電力管理システム：株式会社日立システムズ](#)

[www.hitachi-systems.com](http://www.hitachi-systems.com) › ... › データセンタ/サーバー室の省電力サービス

[電力管理システム - 東芝](#)

[https://www.toshiba.co.jp/tech/review/2001/10/56\\_10pdf/a09.pdf](https://www.toshiba.co.jp/tech/review/2001/10/56_10pdf/a09.pdf)

[電力統計情報 - 電力データ | 電気事業連合会](#)

[www.fepec.or.jp/library/data/tokei/](http://www.fepec.or.jp/library/data/tokei/)

[統計情報の一覧 | 新電力ネット](#)

<https://pps-net.org/statistics>

[電力関連 | 各種統計情報 | 資源エネルギー庁](#)

[www.enecho.meti.go.jp/statistics/electric\\_power/](http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/electric_power/)

## 【第3象限】

「原発が再稼働せず、系統蓄電池が普及しない場合」について考察を深める。

## シナリオ・タイトル『現状維持』

村中俊雄

震災後福島原発事故を受けて安全基準再設定や検査のために全機が順次停止した原発の再稼働は、審査や地元住民の反対などが原因となり一部しか行われてない。<sup>\*1</sup> 電力会社は、動かない原発にも施設維持のためにお金をかけないといけない。このため、大手電力会社である関西電力等の旧一般事業者は、原発の維持費により会社の経営が圧迫される。したがって大手電力会社は原発の代替として発電効率が最もよく、技術面でもコストの最もかからない火力発電(石炭)に頼ることとなる。<sup>\*3</sup> これに対して、発電における非化石燃料の使用の割合で 44%を目標としている政府は、増えてきている化石燃料の使用を抑えるため原子力に代わりうる再生可能エネルギーの推進を一層進めたいと考える。<sup>\*4</sup> 原子力は発電上では石炭・水力とともに、ベースロード電源としての役割を果たしていた。この役割を担うことのできる再生可能エネルギーは地熱であり、技術や施設面でコストのかかるものである。これらを政府は 2030 年までとしていた再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度を延長させるなどして、電力会社に負担を負わせないやり方での普及を目指す。これにより社会では再生可能エネルギーがさらに注目されるようになる。原発が足枷となっている大手電力会社に代わり、新電力が地域密着型の再生可能エネルギーによる電力供給を行いこの流れを牽引するようになる。

政府が主体となった再生可能エネルギーの推進のためにその発電量の割合は大きく増加する一方で、系統蓄電池の開発は進まずその価格はまだ高いままであるため、系統蓄電池の普及はまだ先のことである。そのためコストの問題で蓄電池による電力調整を広めることは出来ない。<sup>\*5</sup> そんな中、天候に左右されやすい不安定な再生可能エネルギー利用が増加したことにより、余剰電力の影響が大きくなっていき発電の稼働率低下を引き起こす。逆に電力不足の時でも安定した電力供給を行えるようバックアップ用のよけいな電源確保が電力会社に求められ、電力会社の負担が増える。こうした再生可能エネルギー使用による弊害がこのタイプの発電のコストを上昇させるため、固定価格買い取り制度無しではさらなる再生可能エネルギーの普及は難しい。また、天候に左右されやすい再生可能エネルギーは発電量の調整が難しいので、電力需要の<sup>\*4\*6</sup> ピーク時への対応が出来ず、再生可能エネルギーによる発電の割合が増えるにつれて、必要なピークに対応出来るガス火力などのバックアップ用電源は増えていく。これらが原因となり、再生可能エネルギー普及への勢いは徐々に弱まっていく。

これらの弊害が引き起こされる大きな原因は、再生可能エネルギーの発電の不安定さである。<sup>\*2\*7</sup> その不安定さへの対策として電力会社は電力需要を操作し、電力使用を抑えるためのデマンドレスポンスを本格的に取り入れようとする。しかし人間の心理的なものを利用して調整するというデマンドレスポンス自体が不安定さを持つため、これでは再生可能

エネルギーの不安定さを補いきれない。このようにどんな手を使っても再生可能エネルギーを利用した電力の安定供給は不可能なものと分かったことで、火力に頼った安定した電力供給維持のもと、少しだけ再生可能エネルギーによる発電を行なっていくという従来と変わらない発電スタイルになり、そのため送電の仕組みにも変化は起きず、電力業界は現状維持を続ける。

#### 参考文献

\*1 日本経済新聞 2013年 「原発維持コスト、年1.2兆円 経済省が試算」

[http://www.nikkei.com/article/DGXNASFS2803Y\\_Y3A320C1EE8000/](http://www.nikkei.com/article/DGXNASFS2803Y_Y3A320C1EE8000/)

\*2 日本経済新聞 2012年 「日本でも普及するか、電力のデマンドレスポンス」

[http://www.nikkei.com/article/DGXNASFK2600P\\_W2A120C1000000/](http://www.nikkei.com/article/DGXNASFK2600P_W2A120C1000000/)

\*3 経済産業省資源エネルギー庁 2016年

エネルギー供給構造高度化法の基本方針及び判断基準について(案)

[http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denryoku\\_gas/kihonseisaku/pdf/004\\_05\\_00.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denryoku_gas/kihonseisaku/pdf/004_05_00.pdf)

\*4 経済産業省資源エネルギー庁 2015年

各電源の特性と電源構成を考える上での視点

[http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/mitoshi/005/pdf/005\\_05.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/005/pdf/005_05.pdf)

\*5 関西電力 再生可能エネルギーへの取り組み

[http://www.kepco.co.jp/energy\\_supply/energy/newenergy/about/task.html](http://www.kepco.co.jp/energy_supply/energy/newenergy/about/task.html)

\*6 スマートジャパン 石田雅也

動き出す電力システム改革(77)

<http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1612/07/news046.html>

\*7 NEDO 再生可能エネルギー技術白書

9 スマートグリッドの技術の現状とロードマップ

<http://www.nedo.go.jp/content/100107277.pdf>

【第4象限】

「原子力発電所が再稼働し、系統側蓄電池が普及しない場合」

シナリオ・タイトル: 『原発依存型社会』

西田篤将

原子力発電のコストは、石炭火力が 1kWh あたり 12.3 円、LNG 火力が 13.7 円であるのに対して 10.1 円と非常に安価である。\*1 原子力発電を所持している大手電力会社は電気料金を値下げすることができる。原子力発電には多くの危険があり、事故の処理費を考えると決して安くはないという指摘があるが、旧一般事業者である関西電力は原子力発電所が再稼働すれば値下げを行うと発表している。\*2

そのため、原子力電所が再稼働すれば総電力の発電コストが下がり、大手電力会社は電気料金を値下げし、電気料金の価格競争が激化するだろう。しかし、関西電力以外の大手電力会社が値下げするかは不明である。

**「電気事業法等の一部を改正する法律案」の概要**

1/1 電力システム改革の推進

電気事業法第1編改正法附則の改革プログラムにおいては、①安定供給の確保、②電気料金の最大限の抑制、③需要家の選択権や事業者の事業機会を拡大、電力システム改革の3つの目的として掲げ、以下の3段階に分け、各段階で課題克服のための十分な検証を行い、その結果を踏まえた必要な措置を講じながら、改革を進めることとしている。

	実施時期	法案提出時期
【第1段階(第1編改正)】広域的運営推進機関の設立	平成27年(2015年)を目途に設立	平成25年(2013年)11月13日成立(平成25年法律第74号)
【第2段階(第2編改正)】電気の小売業への参入の全面自由化	平成28年(2016年)を目途に実施	平成26年(2014年)通常国会に法案提出
【第3段階(第3編改正)】法的分離による送配電部門の中立性の一層の確保、電気の小売料金の全面自由化	平成30年から平成32年まで(2018年から2020年まで)を目途に実施	平成27年(2015年)通常国会に法案提出することを旨とする

2. 法律案の概要

I. 電気事業法の一部改正

**A. 小売参入の全面自由化の実施**

(1) 現在、一般電気事業者しか認められていない家庭等への電気への電気の供給を自由化する(小売参入の全面自由化)。【第2章第1節】

(2) 自由化に伴い、電気事業の種類を見直し、発電(送出)・送配電(許可)・小売(登録)の事業区分に応じた規制体系へ移行【第2章第1節～第5節】

**B. 電気の安定供給を確保するための措置**

1. 送配電事業者(一般電気事業者の送配電部門)による措置

- (1) 帯給(ランス維持)を義務付け(周波数維持義務)【第20条】
- (2) 送配電網の維持・保守を義務付け【第17条第1項】
- (3) 最終保障サービス(需要家が誰からも電気の供給を受けられなくなることはないよう、セーフティネットとして最良の電気の供給を実施)を義務付け【第17条第3項、第20条】
- (4) 離島のユニバーサルサービス(離島の需要家に対しても、他の地域と遜色ない料金水準で電気を供給(需要家全体の負担により費用を平準化)を義務付け【第17条第3項、第21条】

⇒ これらを着実に実施できるよう、地域独占と料金規制(価格形成方式等: 認可制)を併用【第5条、第5条、第18条】

2. 小売電気事業者による措置

- 需要を喚起するために必要な供給力を確保することを義務付け(空売り規制)【第28条の4】

3. 広域的運営推進機関による措置

- 将来的な供給力不足が見込まれる場合に備えたセーフティネットとして、広域的運営推進機関が発電所の建設者を公募する仕組みを新設【第20条の40】

**C. 需要家保護を図るための措置**

(1) 現在の一般電気事業者に対し、一定期間、料金規制を継続(経過措置)【附則第14条・第18条】

(2) 小売電気事業者に対し、需要家保護のための規制(契約条件の説明義務等)を課す。【第2条の13～第2条の17】

II. 電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法の一部改正

- 電気事業法の事業類型の見直しに伴い、再生エネルギーの買取義務を一般電気事業者等から小売電気事業者等に変更する。【再生特措法第2条第1項】

※ その他、事業区分の見直しに伴い、電気事業法の各種規制や報酬計算について必要な見直しを行う。

**D. その他の改正事項**

(1) 現在の一般電気事業者が、引き続き一般担保付社債を発行できるようにする(法的分離の実施に際して改めて検討を行い、必要な措置を講じる)。【第27条の30、附則第14条・第41条】

(2) 電気の卸売に係る規制の撤廃、卸電力取引所における取引の適正性確保(取引所の法定化)、保安規制の合理化を行う。【第27条の27、第4章、第51条の2】

III. 商品先物取引法の一部改正

- 電力先物取引を可能にするため、先物取引の対象に「電力」を追加する。【商品先物取引法第2条】

実際、電力自由化を行うために政府は、上図『電気事業法等の一部を改正する法律』\*3、を施行しているが、その目的の1つとして「電気料金の最大限の抑制」が書かれている。つまり、電力自由化が行われても料金が下がるかどうかまでは分からない。しかし、関電においては、電気料金を下げるので、顧客の関電からの流出はとまり、関電へ戻ってくるだろう。中小電力会社は原発を持っていないので、価格を下げることはできない。

また系統側蓄電池が普及していない状況では、電力が不足した時に非常時に使えず再生可能エネルギーによる電力は安定した供給が難しい。そのため、発電会社は停電を引き起こすことを恐れて新規の再生可能エネルギーによる発電所の投資を減らし、すでにあるエネルギー発電設備の効率的な運用を模索していくことになる。その方法の1つとして、気象庁や国土交通省が整備している統計を利用する。つまり、象庁や国土交通省が整備している日射量や照射角のデータやメッシュデータ\*4によって発電量を正確に予想することで、需給を調整するように対応していく。例えば、太陽光発電の場合、電力の需要予測には太陽光による発電量予測が欠かせない。\*5

しかし、ベースロード電源である原子力発電所が再稼働しているので、世界情勢に発電コストが左右されず、安定的かつ低コストで発電出来る原子力発電の依存度は、高いままとまっているだろう。

\*1 (『長期エネルギー需給見通し 関連資料』 資源エネルギー庁より) 平成 27 年 7 月

\*2 2017 年 3 月 28 日付け、日本経済新聞によると、「関西電力は 28 日、大阪高裁が同日に高浜原子力発電所 3、4 号機 (福井県高浜町) の再稼働を認める決定をしたことを受け、再稼働に向けた作業に着手する。原発の営業運転開始後には電気料金を下げる方針だ。一方で大阪ガス電気とガスのセット契約で対抗値下げを検討。今年 4 月からの家庭向けの都市ガス小売り自由化で関西の料金競争は一段と激しくなりそうだ。」

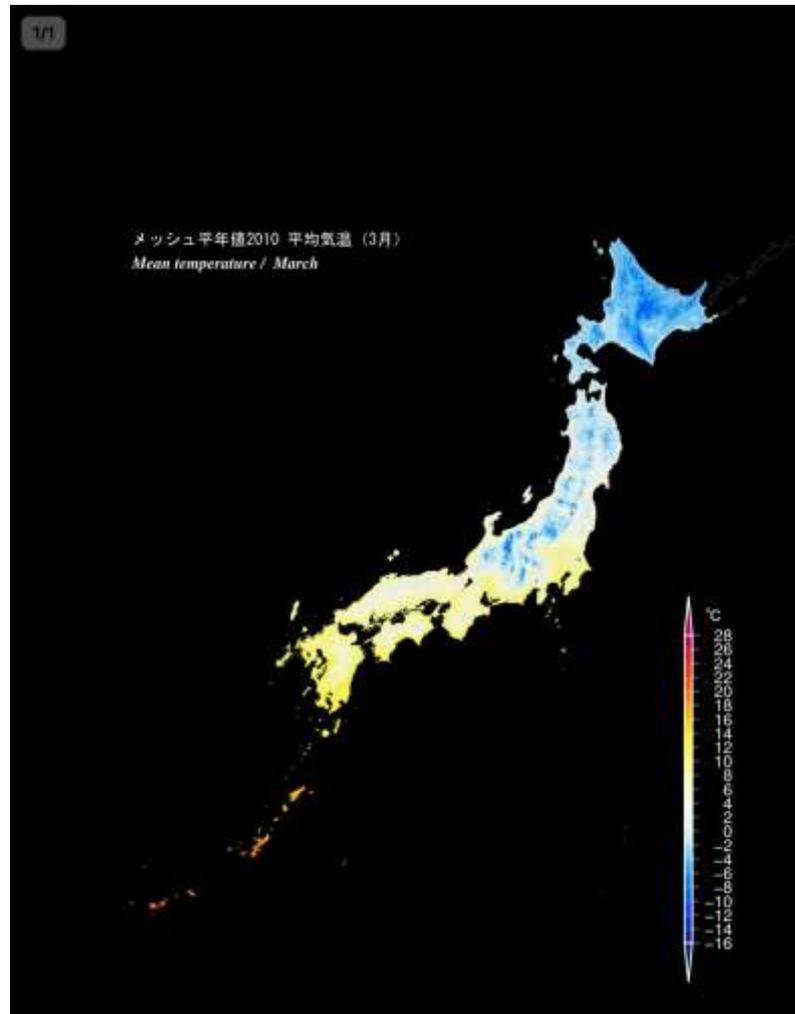
[http://www.nikkei.com/article/DGXLASHD28H4M\\_Y7A320C1000000/](http://www.nikkei.com/article/DGXLASHD28H4M_Y7A320C1000000/)

\*3 「電気事業法等の一部を改正する等の法律」(平成 27 年 6 月 17 日成立) について  
自由民主党資料

[https://www.jimin.jp/policy/policy\\_topics/pdf/pdf151\\_1.pdf](https://www.jimin.jp/policy/policy_topics/pdf/pdf151_1.pdf)

\*4 [概ね国土地理院の2万5000分の1地形図(許容誤差:10m超)をベースに作成、国土交通省ホームページより]

メッシュデータの例。



図は平均値 2010 年の三月の平均気温のメッシュデータ。

気象庁 気象データ

[http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec\\_no=&block\\_no=&year=2017&month](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=&block_no=&year=2017&month)

\*5

## 解 説

### 年間予想発電量の算出

(NEDO 技術開発機構太陽光発電導入ガイドブックより)

そのシステムの年間予想発電量(kWh/年)は、次の式で概算できる。ただし、実際の日射量は、年平均値とは異なることもあり、さらに、設置環境(影などの影響)や採用する機器により損失係数が異なることなどの要因があるため予想発電量は、あくまでも目安です。

$$E_p = H \times K \times P \times 365 \div 1$$

- ・  $E_p$  = 年間予想発電量 (kWh/年)
- ・  $H$  = 設置面の1日当りの年平均日射量 (kWh/m/日)
- ・  $K$  = 損失係数 …… 約 7.3% (モジュールの種類、受光面の汚れ等で多少変わります。)
  - \* 年平均セルの温度上昇による損失 …… 約 15%
  - \* パワーコンディショナによる損失 …… 約 8%
  - \* 配線、受光面の汚れ等の損失 …… 約 7%
- ・  $P$  = システム容量 (kW)
- ・ 365 = 年間の日数
- ・ 1 = 標準状態における日射強度(kW/m<sup>2</sup>)

### 東京での算出例

<設置条件>

- ・ システム容量…… 3kW
- ・ 方位角…… 真南
- ・ 傾斜角…… 30°

$$E_p = 3.74 \times 0.73 \times 3.0 \times 365 \div 1 = \text{約 } 3,000 \text{ (kWh/年)}$$

### 設置傾斜角と方位による発電量

東京地区での設置角度と方位に対する年間発電率 \*方位真南、傾斜角30°を100とした比率

傾斜角	方位角				
	真南(0°)	15°	30°	45°	90°
水平面	88.4	88.4	88.4	88.4	88.4
10°	94.3	94.1	93.4	92.3	87.6
20°	98.2	97.8	96.6	94.6	85.8
30°	100.0	99.6	97.8	95.1	82.8
40°	99.7	99.0	97.0	93.6	78.9

(出典: NEDO技術開発機構「PV建築デザインガイド」より)

<http://www.jpea.gr.jp/pdf/011.pdf>

年間予想発電量の産出の例。

太陽光の発電量予測技術 富士電機

[http://www.fujielectric.co.jp/about/company/gihou\\_2013/pdf/86-03/FEJ-86-03-0207-2013.pdf](http://www.fujielectric.co.jp/about/company/gihou_2013/pdf/86-03/FEJ-86-03-0207-2013.pdf)

## 【各象限のリスク比較】

鈴木貴大

未来を予測するメゾットであるシナリオ・プランニングの目的は、リスクを回避することである。そのため、ここでは起こりうる事態のリスクを比較する。

### ● 電気料金について

第1、4象限では原子力発電所が稼働しているため、電力自由化後しばらくは電気料金は他の象限と比べて比較的抑えられると思われる。というのも、まず原子力発電のコストは火力発電など他の発電にかかるコストと比べると安価であり、さらに、いずれかかってくる廃炉費を原発自身が発電することによって蓄えておくことができるからである。電力の需要家であるわれわれが廃炉負担を電気料金として負うことがない、あるいは負うとしても比較的少額である、という状況になっている。

しかし、いずれ電力市場が旧一般事業者の寡占状態になると、電力価格は（電力自由化により電力価格の制限がなくなるため）燃料費の影響を大きく受けるようになり、電力価格は釣り上げられるかもしれない。

対して第2、3象限では原発が稼働しないので、廃炉費の負担は大きくなりそうである。ただ原発がない分、旧一般事業者と新規参入業者の電気料金の差が少なく、電気料金は原発が稼働するときと比べると電力自由化後の初期ほどは安くはないものの、電力会社の数が多いので燃料高の影響を電力市場を旧一般事業者の寡占状態にある第1、4象限ほど受けることはなさそうである。また、新規参入業者と旧一般事業者の間で価格競争が起きることも期待でき、長期的に電力価格が下がることも考えられる。

### ● 二酸化炭素の排出量について

天候に左右されるなど供給が不安定な「再エネ」を導入させやすくする系統側蓄電池の有無の方が、原発の有無よりも深く二酸化炭素の排出量に関わっている。

第1象限では原発がベースロード電源として機能するため「再エネ」を導入しやすい環境にある。さらに系統側蓄電池があるので停電を恐れる必要がないので「再エネ」への依存度を高めることができる。よって二酸化炭素の排出量は比較的少ないだろう。

第2象限ではベースロード電源としての原発がないため地熱発電に頼るようになり、系統蓄電池があるので供給の不安定な「再エネ」を導入しやすい状況にもあるため、二酸化炭素の排出量は少なくなるだろう。

第3象限では原発がないのでベースロード電源としてのバイオマスや地熱の導入が進むことは考えられるが、系統側蓄電池がない分発電が不安定になる再エネを大規模に導入することは難しいだろう。そのため安定して発電ができ、安価である化石燃料への依存が高まり、二酸化炭素の排出量は多くなるだろう。

第4象限では原発があるものの系統側蓄電池がないため大規模に「再エネ」を導入す

ることは難しく、その分化石燃料への依存が高まり二酸化炭素の排出量は比較的多くなるだろう。

- 原発の有無について

原発があれば(1,4 象限)当然事故のリスクや世論の反発といったことが考えられる。しかし前述したように、原発があれば原発自身で廃炉費を稼ぐことができ、地熱やバイオマス発電に比べて非常に安価なベースロード電源として機能できる。

一方原発がなければ(2,3 象限)廃炉費の負担は重くなり、新たなベースロード電源として導入されるであろうバイオマスや地熱発電の発電所を建設するのに多額の費用がかかる。

全体として、原発の有無は電気料金を左右する要因になり、一方、系統側蓄電池の有無は「再エネ」の導入の程度に影響を与えるだろう。

電気料金の高騰のリスクと「再エネ」の導入を進める上でのリスクが最も少ないのが、第2象限（原発が再稼働せず、系統側蓄電池が普及すること）である。



卒業論文選

# 第2班

堅川将成

松家亜蘭

尾崎文音

田中翼

奥野祥太郎

近藤壮真

青木龍一

野寄はるか

畑中大輝

2030年度の堺市におけるエネルギーの地産地消

## 2 班 SP(シナリオ・プランニング) 卒業論文

### 【序論】

#### I トピックの紹介と選定理由

##### 《トピックの紹介》

トピックは“2030 年度の堺市におけるエネルギーの地産地消<sup>i</sup>について”とした。

##### 《トピックを選んだ理由》

まず、2030 年と設定した理由だが、堺市の電力事情を調べているときに、堺市が平成 25 年度に発表した堺市地域エネルギー施策方針<sup>ii</sup>によると、堺市は 2020 年度の堺市全体の発電電力のうちクリーンエネルギー<sup>iii</sup>が占める割合を試算しており、私たちはその 10 年後である 2030 年度のクリーンエネルギーが、総発電量のうちどれぐらいの割合になるのかを考えた。また、私たちはクリーンエネルギーとして、太陽光発電・小水力発電<sup>iv</sup>・ガスコージェネレーション<sup>v</sup>発電の 3 種類の発電方法を選んだ。その理由は、堺市は堺市地域エネルギー施策方針の中で、クリーンエネルギーとして、太陽光発電・小水力発電・ガスコージェネレーション発電・バイオマス発電<sup>vi</sup>を採用している。しかし、バイオマス発電は少しではあるが、温室効果ガスである二酸化炭素を排出しているため、私たちの班では、バイオマス発電を採用しないことにして、上記の 3 種類の発電方法がクリーンエネルギーであるとして、シナリオ・プランニングすることにした。堺市とした理由は、私たちの班員の半分以上が堺市出身で、私たちの将来に大きくかかわることになるだろうと予想したからである。また、“エネルギーの地産地消”という表現だが、農業で行われる地産地消の働きと、私たちが考える堺市内でのクリーンエネルギーの消費方法が、似ていると思い、このような表現を使った。

#### II 2 軸に挙げた DF(ドラィビング・フォース)

「化石燃料<sup>vii</sup>価格の変動」、「住宅用地価<sup>viii</sup>の変動」を 2 軸に選定する。それにより作られる 4 象限のシナリオの概略は以下ようになる。

#### III 4 つの象限の概要

第一象限(化石燃料価格が上昇し、住宅用地価が上昇する場合)の概要

化石燃料価格の上昇により、火力発電の主燃料である液化天然ガス(以下 LNG)<sup>ix</sup>の価格も同様に上昇する。その影響で、火力発電からの脱却、そしてクリーンエネルギーへの転換を目指し、国や堺市からの補助金が出るだろう。また、火力発電所では、化石燃料の価格

が上がることで、採掘などにコストがかかるメタンハイドレート<sup>x</sup>やシェールガス<sup>xi</sup>なども新エネルギーとして使われることになるだろう。一方、地価の上昇により、一戸建ての新築数が減少し、堺市が目標としている家庭用の太陽光発電システムの導入は難航気味になるだろう。しかし、VPP<sup>xii</sup>(バーチャルパワープラント)の導入が進められ、今ある発電システムを有効に、無駄なく利用していくと考えられる。

#### 第二象限(化石燃料価格が上昇し、住宅用地価が下落する場合)の概要

化石燃料価格の上昇により、代替策として、再生可能エネルギー<sup>xiii</sup>への移行が始まるだろう。その結果、国から小水力発電に対する補助金や、堺市から太陽光発電や小水力発電に対する補助金が交付される。また、堺市の地価が下落するため、補助金を利用して、家庭用ガスに代わるエネルギーの地産地消に対応した設備(例えば小水力発電)をもつ一戸建てが建てられるだろう。この他にも、堺市の地価が下落することで、堺市内でVPPを導入しようとする動きと、発電所内で熱交換をする<sup>xiv</sup>動きがより一層出てくると考えられる。この結果、新築一戸建ての多くが自家発電設備<sup>xv</sup>を持つ家になるだろう。

#### 第三象限(化石燃料価格が下落し、住宅用地価も下落する場合)の概要

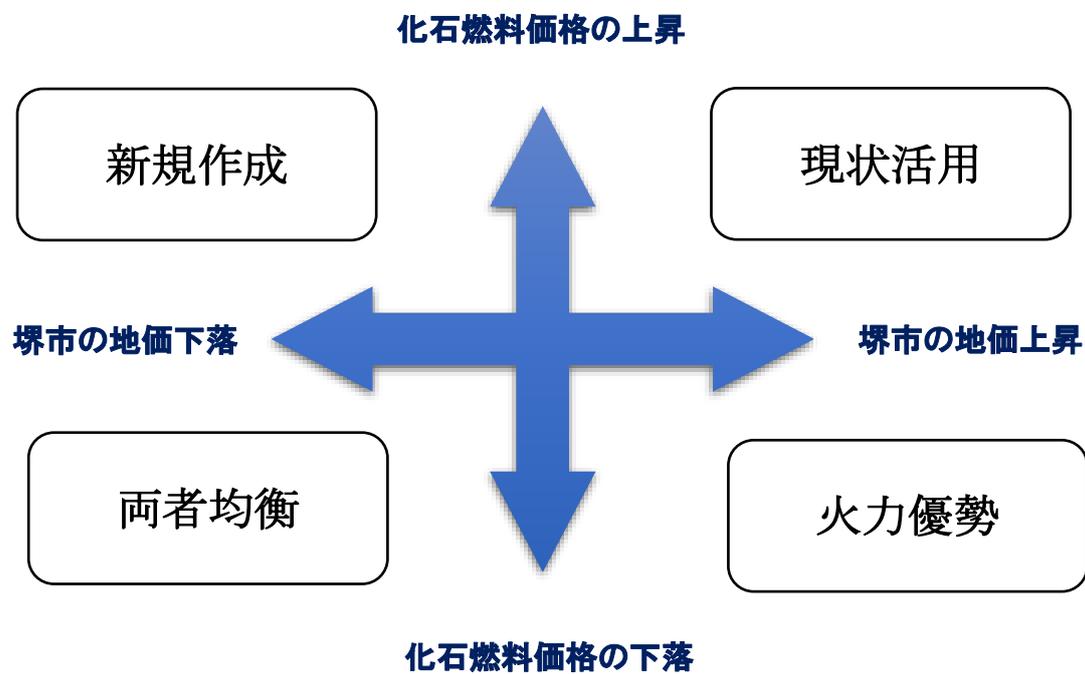
化石燃料価格が下落することで、火力発電は今まで同様に行われると考えられる。これに対し環境未来都市<sup>xvi</sup>を目指す堺市は、太陽光発電の補助金を交付するとともに電力のロスを防ぐためにVPPの使用が進む。一方地価の下落により一戸建ての割合が増し太陽光発電導入キャパシティが増え、補助金の影響もあり、太陽光発電が増える。このような状況から火力発電が依然として盛んであるものの太陽光発電の導入も進むため堺市のエネルギーの地産地消の割合は現状維持若しくは微増すると考えられる。

#### 第四象限(化石燃料価格が下落し、住宅用地価が上昇する場合)の概要

化石燃料価格が下がることで、家庭用ガスの値段は下がり市民の間に太陽光発電の需要は広がらない。国からの補助金は廃止されたままで、堺市からの補助金も現状と変わらない。また住宅用地価の上昇により、マンションの割合は増えるが補助金が出ないため小水力発電が広まることもなく、一戸建て住宅の建設が進まないため、太陽光発電の場所も取れない。このような状況から堺市は環境モデル都市<sup>xvii</sup>として低炭素社会<sup>xviii</sup>化を進めようとするものの、太陽光発電や小水力発電などの再生可能エネルギー使用割合の低迷により堺市のエネルギー自給率は低くなる。

※【注及び解説】は、76, 77 ページを参照

## IV SP マトリックス模式図



## 【本論】

### 第一章 トレンドの動向

2030年度の堺市におけるエネルギーの地産地消の割合を考える上で重要となるDFのうち、不確実性が低いもののインパクトが大きいと考えられるのは以下の5つである。

#### ①他の電力会社の新規参入

2016年の4月からの電力自由化に伴い、消費者は電力会社を自由に選べるようになった。これにより、今までは、居住地によって定められた特定の会社としか契約できなかったのが、自分たちで自由に決められるようになり、電力会社間での価格競争が活発になる。近畿圏に目を向けると、関西電力としか契約できなかったのが、大阪ガスやeo電気、さらには東京電力なども契約できるようになるため、関西電力の経営に与える影響は大きい。さらに、2017年の4月にはガス自由化がおこなわれ、関西電力も新規参入するため、なる競争が予想される。

#### ②VPP

近年、電力自由化や電力システム改革が進む欧州で、VPPと呼ばれるビジネスモデルが成長している。日本でも注目が高まり、2020年にはVPP市場の実用化が予定されている。VPPは、エネルギーの供給状況に応じてスマートに消費パターンを変化させるデマンドレスポンスの考え方に基づき、点在する小規模な再生可能エネルギー発電設備などの「創エネ」、蓄電池等の「蓄エネ」、需要家側の「省エネ」の取り組みを、エネルギーマネジメント技術によって統合制御する仕組みである。現在、電力などエネルギーシステム改革や、様々なものをインターネットに接続し、相互に制御するモノのインターネット化(IoT)が進んでいることにより、VPPを実現できる環境が整いつつある。

#### ③太陽光発電について(補助金)

太陽光発電の補助金は大きく分けて3つある。太陽光発電の補助金は、最大で国、都道府県、市区町村の3ヶ所から支給される。(※国の補助金は、2014年度で終了<sup>xix</sup>。各地域も随時終了中。) 設置する太陽光発電システムのメーカーや種類、何枚載せるかなどによって金額は異なるが、約90~150万円かかる導入費を安く抑えることができるのは大きなメリットである。

売電と買電について：電力会社との接続(系統連系)により、昼間に多く発電し余った電力は自動的に電力会社に送られ、発電しない夜間や雨などで発電量が少ない時は電力会社から電力の供給を受けることができるシステム。

補助金について：設置費の5分の1(上限15万円)(千円未満の端数は切り捨て) 設置費には、システム機器購入費と設置工事費(経費等含む)も含まれる。ただし、既設構築物の撤去等に係る経費を除く。

## ④新エネルギー [バイオマスエネルギー]

今、新エネルギーによる発電量は日本の全発電量において 4.1%占めており、その約 4 分の 1 である 1.11%はバイオマス発電が占めている。バイオマス発電では CO<sub>2</sub> の総量を増やさず食品廃棄物、木質廃材などの有機ゴミを直接燃焼し、発生する熱を利用して蒸気でタービンを回す仕組みで発電する。バイオマス発電は、太陽光などに比べて安定的な出力ができ、発電所自体の場所も比較的地理的自由度が高く、地産地消による発電で市町村の自立的発展に貢献することも考えられている。またバイオマスの発電量は世界的にも日本的にも年々増加しており、国内においてはバイオマスが大きく発達しているデンマークに技術を学ぶプログラムの開始や、2025 年までにバイオマス産業の規模拡大、全都道府県 6000 地帯にバイオマス活用推進計画の策定などを目標として着実に計画されている。また、我々が対象としている堺市においては日本ではまだ数少ないバイオマス工場があり、その工場の発電量も毎年増加しているため、バイオマス発電の今後の発電に占める割合の増加が期待できる。

## ⑤原子力発電

現在日本では、今ある原子力発電所を再稼働するかどうかの議論が活発におこなわれている。特に、関西電力が所有している全国最大規模の原子力発電所は、生産した電力を、主に近畿地方に供給しており、この原子力発電所が再稼働するかどうかによっては、堺市の火力発電所の電力生産にまで大きな影響を及ぼすと考えた。ここに私たちが考えた原子力発電のメリットとデメリットをあげる。

## 【メリット】

## 1) コストが安い

大量の電力を生み出すことができるため、発電量あたりのコストが安い

1kwh、石油 (16 円) LNG ガス (10 円) ウラン (1 円)

燃料を一度補充すると交換不要＝原料が少なくて済む

## 2) 環境汚染が少ない

火力発電と異なり、二酸化炭素が発生することがない

## 3) 燃料の供給が安定している

中東の政情の影響を受ける石油とは違い、ウランを供給している国は政情が安定しているため、価格が急激に上昇することがない

## 4) 原発による経済効果

原子力発電が新設される場所では新たな雇用が生まれ、その場所に交付金や税金による収入が増加する

## 【デメリット】

## 1) 放射性物質の漏洩、事故発生リスク

## 2) 事故発生時に考慮されるコストの高さ

賠償金 ex) 福島原発における賠償金額 7 兆 2051 億円 安全対策の費用、194 億円 廃炉費用一基あたり、350～830 億円 建設費 1000 億円 現在における問題 放射性廃棄物の処理

## 第二章 XY2 軸の選定理由

### 《「堺市の地価が上昇するか下落するか」を X 軸に選定した理由》

堺市内では現在、我々がクリーンエネルギーと捉えている太陽光発電、小水力発電、ガスコージェネレーション発電の 3 者の中では、圧倒的に太陽光発電の発電量が多く、私たちのトピックに与える影響が大きいと考え、太陽光発電に着目した。

また、私たちが太陽光発電の未来を考え調べていくと、太陽光発電は天候に左右されやすく、発電効率は悪いということがわかった。しかし、一方で、堺市は 2020 年度の太陽光発電の電力生産量を 2010 年度の約 5 倍である 140,1MW まで増やすという目標を掲げて取り組んでいる。また、堺市が平成 25 年に発表した堺市地域エネルギー施策方針によると、太陽光発電システムの導入ポテンシャルのうち、住宅用建物の発電容量が約 646400kw、業務用建物（工場など）の発電容量が約 434000kw と住宅用建物の発電容量が業務用建物のおよそ 1,5 倍ものポテンシャルをもつとある。これらのことから、私たちのトピックつまり、堺市内の電気使用率のうち太陽光発電・小水力発電・ガスコージェネレーション発電が何パーセントを占めるのにおいて、太陽光発電が 3 つの中で最も規模が大きい点、太陽光発電の将来には不安があるものの、堺市としては、太陽光発電の普及を目指している点、さらに、住宅用建物と業務用建物とを比べると、住宅用建物の方が規模が大きいという 3 点から、住宅用の地価の変動をもう一つの軸とした。

### 《「化石燃料価格が上昇するか下落するか」を Y 軸に選定した理由》

現在、堺市では市内の電力消費量の約 3 倍もの電力を生産しており、その主力は火力発電である。堺市内にある火力発電所では、主に液化天然ガス(LNG)を燃料として電気を生産しており、LNG 価格の急激な高騰が起こった際に、火力発電の規模が縮小する恐れがあり、堺市内の電力供給体制が崩れかねない事態が発生する恐れがある。そのアジアにおける LNG 輸入価格は日本向け原油の平均 CIF 価格<sup>xx</sup>（貿易取引の基本条件の一種で運賃・保険料込み渡し）によって決められているため、原油価格の変動と連動するようになっている。また、原油というのはあらゆる資源、製品の価格に影響を及ぼすものであるため、私たちは化石燃料価格の変動を一つの軸とした。

---

**【注及び解説】**

- i 地産地消：地産地消とは、もともと農業で使われ始めた言葉で、地元で生産したものをその地元で消費しようという動きを言い表したものである。
- ii 堺市地域エネルギー施策方針：堺市が平成 25 年度に策定した、東日本大震災を受けて、堺市としてエネルギーの産出・使用方法を詳しく目標に定めたものである。2020 年度を一つの目標地点として定めている。
- iii クリーンエネルギー：石炭や石油といった従来の化石燃料とは違って、電機や熱に変える際に二酸化炭素などの温室効果ガスや窒素酸化物などの有害物質を排出しない、または排出量が少ないエネルギー源のことである。具体的には、太陽光、風力、水力、地熱などのエネルギーを使った発電や、燃料電池やコージェネレーション、天然ガスなどを指す。
- iv 小水力発電：高層ビルなどの高低差を利用してタービンを回し、発電するというもの。
- v ガスコージェネレーション：都市ガスを燃料に用いて電力を生産し、発生する熱を温泉や空調などに利用するシステム。
- vi バイオマス発電：燃料として石炭や石油などの従来の化石燃料を使用せず、代わりに木材、家畜の糞尿、さらには、食べ物の残飯などの動植物から作られる再生可能な有機物資源（バイオマス）を、直接あるいはガス化して燃焼させて発電する仕組みである。
- vii 化石燃料：ここで、化石燃料というのは石炭、石油、天然ガス等のことを指し、また、これらの価格は石油の価格が基準になっている。
- viii 住宅用建物：堺市エネルギー施策方針によれば、建築面積が 25～200m<sup>2</sup> 以下の建物で、戸建住宅や小規模な店舗や事務所などである。この屋根などに、太陽光パネルを設置して太陽光発電をする。
- ix 液化天然ガス：化石燃料の一種である天然ガスを冷却して輸送しやすくしたものである。堺市にある火力発電所では、当初は石油を使って発電をしていたが、後に天然ガスに切り替えられた。
- x メタンハイドレート：メタンは、石油や石炭に比べ燃焼時の二酸化炭素排出量がおよそ半分であるため、地球温暖化対策としても有効な新エネルギー源であるとされる（天然ガス参照）。メタンハイドレートは、このメタンが低温高圧下で水に溶解込み、シャーベット状になったものであるが、現時点では商業化されていない。化石燃料の一種であるため、再生可能エネルギーには含まれない。また、日本近海に大量に埋蔵されているが、中国では採掘実験に成功しており、日本での実験も成功が期待されている。

- 
- xi** シェールガス：頁岩といわれる岩石の層から採取される天然ガスである。中国やアメリカに埋蔵量が多く、メタンハイドレートと同様、新しいエネルギー源として期待されている。
- xii** VPP：Virtual Power Plant の略であり、日本語で「仮想発電所」とも言われている。その主な導入目的は、一定地域に点在している太陽光発電などの小規模発電所を IoT システムを利用して、あたかも一つの大きな発電所のように機能させるためである。堺市は平成 29 年度から、実験的に導入し始めている。
- xiii** 再生可能エネルギー：石炭や石油など資源に限りがある化石燃料に対して、太陽光・水力・風力・バイオマスなど一度利用しても再生が可能であり、資源の枯渇の心配が比較的少ないエネルギーのこと。
- xiv** 発電所内で熱変換：火力発電を行う過程で生じる水蒸気で再び発電する、あるいは、この水蒸気をコンビナート内の他工場で利用すること。また、これまで大気中に捨てられていた廃熱を電気エネルギーに変換するシステム等。
- xv** 自家発電：自分の家で、太陽光発電などの小規模発電を行い、自分の家で電力・エネルギーとして使用する、もしくは、余った分を売却するといったものである。
- xvi** 環境未来都市：
- 環境、社会、経済の三側面に優れた、より高いレベルの持続可能な都市
  - 「環境・超高齢化対応等に向けた、人間中心の新たな価値を創造する都市」を基本コンセプトに、平成 23 年度に 11 都市・地域を選定
- xvii** 環境モデル都市：
- 「環境未来都市」構想の基盤を支える低炭素都市
  - 温室効果ガス排出の大幅な削減など低炭素社会の実現に向け、高い目標を掲げて先駆的な取組にチャレンジする都市・地域として、平成 20 年度に 13 都市、平成 24 年度に 7 都市、平成 25 年度に 3 都市の合計 23 都市を選定
- xviii** 低炭素化社会：2007 年に発表された IPCC(気候変動に関する政府間パネル)による報告書において、100 年後の気温の上昇が見込まれたことから、地球温暖化を抑制するために二酸化炭素の排出をなるべく削減する提案がなされた。日本の安倍首相は 2007 年 5 月、2050 年に温室効果ガスを半減する「美しい星 50」を発表した。
- xix** 住宅用太陽光発電導入支援補助金の補助金申込書の受付終了について  
<http://www.meti.go.jp/press/2013/11/20131105001/20131105001.html>
- xx** CIF 価格：「Cost(価格)」「Insurance(保険料)」「Freight(運賃)」の三要素から構成される貿易取引の価格のこと。

## 以下、個別論述部分

**第三章** 各象限の詳細なシナリオ**【各象限における堺市のエネルギーの地産地消の割合及びその様態について】**

青木龍一

第一象限「化石燃料価格が上昇し、住宅用地価が上昇する場合」

シナリオ・タイトル『現状活用』

堺市の地価が上昇し、化石燃料価格も上昇する時、堺市の火力発電所の燃料である液化天然ガス(以下 LNG)の価格は上昇し、火力発電の規模は小さくなる。また、政府や市は火力発電からの脱却を目指し、クリーンエネルギーの中でも最も発電量の多い太陽光発電や、小水力発電などに対する補助金(注 1)を出すと考えられる。化石燃料の価格の上昇とともに、LNG の価格も上昇するので、電気料金の安定のために火力発電所では、発電途中に発生した熱を利用したコージェネレーションにより、発電効率を上げると思われる。また、この化石燃料価格上昇により、LNG の代替としてシェールガスやメタンハイドレートなどの化石燃料の導入も進む。一方、住宅用地価の上昇により、一戸建ての新築数は 2017 年に比べて減少気味に推移する。それに対し、堺市は堺市内での太陽光発電導入ポテンシャルが約 20 万件あるとし、それらに太陽光パネルを設置する計画(注 2)を実行するため太陽光発電設備は増える。

また、堺市の東西を結ぶ LRT 計画は、線路敷設のための住民立ち退き費用が地価上昇のため、実現は難しい。故に、急激に電力需要が増えるということはなく、火力発電の需要も急には高まらない。また、堺市として VPP といわれるシステムを今後導入する予定(注 3)があり、火力依存を抜け出すための新たなシステムとして、地価の上昇の影響で、現状の施設を利用出来る VPP の必要性が高まる。このようにして、堺市においては脱炭素社会の形成を目指す(注 4)ため、火力発電の割合を減らそうという動きが活発化する。一方で、地価の上昇により新たな大規模太陽光発電システムや小水力発電の普及はあまり進まないと考えられるが、堺市では環境モデル都市として今ある発電設備を用いたエネルギーの地産地消が行なわれる。

第二象限「化石燃料価格が上昇し、住宅用地価が下落する場合」

シナリオ・タイトル『新規作成』

化石燃料価格の上昇により、メタンハイドレートやシェールガスは採算がとれるようになり、化石燃料中でのそれらの LNG 使用割合が増加する。また、化石燃料価格に伴って LNG の価格も上昇し、堺市の火力発電所は LNG を出来るだけ無駄がないように使おうとするため、発電所で熱交換システム(注 5)を導入することが考えられる。その一方で枯渇していく化石燃料に対する代替策として、再生可能エネルギーを使用する動きが出てくる。その結果、国からの小水力発電に対する補助金や、堺市から太陽光発電や小水力発電に対する補助金が交付されることになる。また、化石燃料である原油を原料にした家庭用ガスの値段が上昇するため、家庭用ガスを使用する家庭が減少することも十分に考えられる。

この象限では堺市の地価が下落するため、上記の補助金を利用することで、家庭用ガスに代わる、エネルギーの地産地消に対応した設備(注 6)をもつ一戸建てが建てられやすくなるだろう。例えば、オール電化の家や、家庭用燃料電池を備えることを売りにする家がより出てくる可能性がある。それとは反対にマンションなどの集合住宅の新築が抑えられるのでその割合は減少する。このため、下水の降下エネルギーを利用する小水力発電の設備を付ける新築マンションが建つ可能性は低い。この他にも、堺市の地価が下落することで、堺市の東西を結ぶ鉄道を敷設する LRT 計画が再検討されるかもしれない。もし、新しい鉄道が敷設されたならば、堺市内の電力使用量が大幅にあがる。新たな鉄道や都市ガスの代替のために電力需要が増えるので、電力会社の中で電気を安く、多く売ろうとする動きが広がる。同時に自家発電をする家庭では余った電気を無駄なく使おうとし、発電所内では熱交換によって無駄なくエネルギーを使うため、熱交換システムを導入する動きが出てくることもあり、堺市内でも VPP を導入しようとする動きになる。この結果第二象限では、自家発電設備を持つ家が身近になるだろう。

### 第三象限「化石燃料価格が下落し、住宅用地価も下落する場合」

#### シナリオ・タイトル『両者均等』

化石燃料価格が下落することで、高いコストがかかるシェールガスとメタンハイドレードは採算が取りにくくなるため、これらのエネルギーはあまり市場に出回らない上、安くなったこれまで活用してきた化石燃料により火力発電は今まで同様行われる。

平成 26 年から国からの太陽光に対する補助金が打ち切られている(注 7)が、堺市は環境モデル都市としてクリーンエネルギーである太陽光発電を普及させるため、補助金の交付は促進される。それに対して、小水力発電の補助金は現在、国からは農業用小水力発電にしか出ておらず、堺市からも農業用のみで住宅用小水力発電の補助金は見込めない。代わりに、太陽光で作った電力を、VPP を用いる(注 8)ことによって需要を管理し、ロスを最小限に抑えるようとする。

一方、住宅用地価が下落することで一戸建ての割合が増し、太陽光発電付き住宅の戸数は相対的に増加する。また堺市の地価が下落することで、堺市の東西を結ぶ鉄道を敷設するという LRT 計画が再検討されるかもしれない。もし、新しい鉄道が敷設されたならば、堺市内の電力使用量が大幅にあがる。いずれにせよ、太陽光発電によって電気供給量は増えるため、電力会社の中で、電気を安く、多く売ろうとする動きが広がる。そうなれば安い化石燃料を使って火力発電で電力を賄おうとする。

全体的に見れば太陽光発電は進むものの火力発電による大規模発電も行われるため堺市のエネルギー地産地消の割合は依然として変わらないままであると考えられる。

### 第四象限「化石燃料価格が下落し、住宅用地価が上昇する場合」

#### シナリオ・タイトル『火力優勢』

化石燃料価格が下がることで電気料金及び家庭用ガスの値段は下がり、市民の間に太陽光発電の需要は広まらない。国からの太陽光発電の補助金は平成 26 年 3 月 31 日以来廃止されたままで、堺市からの補助金は出るものの現状の内容とあまり変わらない。また小水力発電の補助金においても国からも堺市からも農業用のみで住宅用の補助金は出ない。一方、化石燃料価格の下落はシェールガスやメタンハイドレードの市場の拡大を抑制し、LNG による火力発電は依然として盛んに行われることとなる。

また、地価の上昇により堺市が太陽光発電のために土地を買い取ることがなく、市の土地で新たに太陽光発電を設置しづらいが、一戸建ての割合の増えないため太陽光発電付き住

宅もそれほど広まらない。一方、マンションの割合は増えるが住宅用小水力発電の補助金が出ないため小水力発電が広まることもない。地価の上昇に影響を受け、東西に鉄道が走らせる LRT 計画が実現することはない(注 9)。電力消費量が大幅に増えることもないため、火力発電の需要は大きくならない。火力発電が格段進む訳ではないが、太陽光発電や小水力発電が広がる訳でもない。これに対し、堺市は環境モデル都市として低炭素社会・クールシティを目指すため、現在考案中の VPP 事業を採用し無駄のないエネルギー利用を進めていこうとする。全体としては太陽光発電や小水力発電などの再生可能エネルギーはあまり増加せず、化石燃料価格の下落から LNG 利用の火力発電使用の割合が少し高まるため堺市のエネルギーの地産地消の割合は低くなる。

### 【結論】

以上から第一象限においては、今ある発電設備を利用した現状活用型のエネルギーの地産地消が行われる。第二象限では、新たな設備を設置した住宅等での自家発電を行う新規作成型のエネルギーの地産地消が行われる。第三象限の場合、火力発電も太陽光発電も促進され、両者均等となりエネルギーの地産地消の割合は変わらない。第四象限では、火力発電での発電が盛んになり、火力優勢の状況となるのでエネルギーの地産地消の割合は低くなる。

### 【注釈、解説】

#### 《語句の解説》

##### ・化石燃料

ここで、化石燃料というのは石炭、石油、天然ガス等を指し、また、これらの価格は石油の価格が基準になっている。

##### ・液化天然ガス

化石燃料の一種である天然ガスを冷却して輸送しやすくしたものである。堺市にある火力発電所では、当初は石油を使って発電をしていたが、後に天然ガスに切り替えられた。

##### ・クリーンエネルギー

石炭や石油といった従来の化石燃料とは違って、電機や熱に変える際に二酸化炭素などの温室効果ガスや窒素酸化物などの有害物質を排出しない、または排出量が少ないエネルギー源のことである。具体的には、太陽光、風力、水力、地熱などのエネルギーを使った発電や、燃料電池やコージェネレーション、天然ガスなどを指す。

##### ・メタンハイドレート

メタンは、石油や石炭に比べ燃焼時の二酸化炭素排出量がおよそ半分であるため、地球温暖化対策としても有効な新エネルギー源であるとされる(天然ガス参照)。メタンハイドレートは、このメタンが低温高圧下で水に溶解込み、シャーベット状になったものであるが、現時点では商業化されていない。化石燃料の一種であるため、再生可能エネルギーには含まれない。また、日本近海に大量に埋蔵されているが、中国では採掘実験に成功しており、日本での実験も成功が期待されている。

##### ・シェールガス

頁岩といわれる岩石の層から採取される天然ガスである。中国やアメリカに埋蔵量が多く、メタンハイドレートと同様、新しいエネルギー源として期待されている。

##### ・小売電気事業者

2016年の4月1日に電力の小売りが全面的に自由化されたことにより、電力を売買できるようになった会社のことである。ローカルエナジーもその一つである。

- ・バイオマス発電

燃料として石炭や石油などの従来の化石燃料を使用せず、代わりに木材、家畜の糞尿、さらには、食べ物の残飯などの動植物から作られる再生可能な有機物資源（バイオマス）を、直接あるいはガス化して燃焼させて発電する仕組みである。

- ・地産地消

地産地消とは、もともと農業で使われ始めた言葉で、地元で生産したものをその地元で消費しようという動きを言い表したものである。

- ・堺市エネルギー施策方針

[http://www.city.sakai.lg.jp/shisei/gyosei/shishin/kankyo/ondanka/energy\\_policy.html](http://www.city.sakai.lg.jp/shisei/gyosei/shishin/kankyo/ondanka/energy_policy.html)

堺市が平成 25 年度に策定した、東日本大震災を受けて、堺市としてエネルギーの産出・使用方法を詳しく目標に定めたものである。2020 年度を一つの目標地点として定めている。

- ・住宅用建物

堺市エネルギー施策方針によれば、建築面積が 25～200m<sup>2</sup>以下の建物で、戸建住宅や小規模な店舗や事務所などである。この屋根などに、太陽光パネルを設置して太陽光発電をする。

- ・VPP

Virtual Power Plant の略であり、日本語で「仮想発電所」とも言われている。

その主な導入目的は、一定地域に点在している太陽光発電などの小規模発電所を IoT システムを利用して、あたかも一つの大きな発電所のように機能させるためである。堺市は平成 29 年度から、実験的に導入し始めている。

- ・自家発電

自分の家で、太陽光発電などの小規模発電を行い、自分の家で電力・エネルギーとして使用する、もしくは、余った分を売却するといったものである。

- ・環境未来都市と環境モデル都市

- 環境未来都市

環境、社会、経済の三側面に優れた、より高いレベルの持続可能な都市

「環境・超高齢化対応等に向けた、人間中心の新たな価値を創造する都市」を基本コンセプトに、平成 23 年度に 11 都市・地域を選定

- 環境モデル都市

「環境未来都市」構想の基盤を支える低炭素都市

温室効果ガス排出の大幅な削減など低炭素社会の実現に向け、高い目標を掲げて先駆的な取組にチャレンジする都市・地域として、平成 20 年度に 13 都市、平成 24 年度に 7 都市、平成 25 年度に 3 都市の合計 23 都市を選定

(参照) 内閣府地方創生事務局

[http://www.kantei.go.jp/jp/singi/tiiki/kankyo/pdf/kankyo\\_gaiyo.pdf](http://www.kantei.go.jp/jp/singi/tiiki/kankyo/pdf/kankyo_gaiyo.pdf)

## 【参考資料】

(注 1) 堺市太陽熱利用システム設置費補助金交付要綱

[http://www.city.sakai.lg.jp/kurashi/gomi/ondanka/netsu\\_riyou/taiyonetsu.files/yoko.pdf](http://www.city.sakai.lg.jp/kurashi/gomi/ondanka/netsu_riyou/taiyonetsu.files/yoko.pdf)

(注 2) 堺市地域エネルギー施策方針 p26

[http://www.city.sakai.lg.jp/shisei/gyosei/shishin/kankyo/ondanka/energy\\_policy.files/honpen131129.pdf](http://www.city.sakai.lg.jp/shisei/gyosei/shishin/kankyo/ondanka/energy_policy.files/honpen131129.pdf)

太陽光発電導入ポテンシャルとは導入ポテンシャルとは、一定の条件設定のもとで、技術・経済的及び法規制等の制約を無視した状態での導入可能量の総量を示す。

(注 3) 堺市の VPP 事業 平成 29 年度予算要求シート

[http://www.city.sakai.lg.jp/shisei/zaisei/yosan\\_kessan\\_shushj/yosanhenseikatei/toshoyosan\\_h29/ipan/h29jyuutensesakubetsu/1-3-1-enerugi.files/10-1-0050.pdf](http://www.city.sakai.lg.jp/shisei/zaisei/yosan_kessan_shushj/yosanhenseikatei/toshoyosan_h29/ipan/h29jyuutensesakubetsu/1-3-1-enerugi.files/10-1-0050.pdf)

(注 4) 堺市 環境モデル都市としての取り組み

<http://future-city.jp/torikumi/sakai/>

(注 5) コンバインドサイクル発電の仕組み

[http://www.fepec.or.jp/enterprise/hatsuden/fire/combined\\_cycle/](http://www.fepec.or.jp/enterprise/hatsuden/fire/combined_cycle/)

(注 6) 平成 29 年度 堺市スマートハウス等導入支援事業（戸建住宅に係るスマートハウス化支援事業）について

<http://www.city.sakai.lg.jp/kurashi/gomi/ondanka/smarthouse/smarthouse.html>

(注 7) 住宅用太陽光発電導入支援補助金の補助金申込書の受付終了について

<http://www.meti.go.jp/press/2013/11/20131105001/20131105001.html>

(注 8) 堺市における VPP 構築に向けた実証事業

[http://www.city.sakai.lg.jp/shisei/zaisei/yosan\\_kessan\\_shushj/yosanhenseikatei/toshoyosan\\_h29/ipan/h29jyuutensesakubetsu/1-3-1-enerugi.files/10-1-0050-san1.pdf](http://www.city.sakai.lg.jp/shisei/zaisei/yosan_kessan_shushj/yosanhenseikatei/toshoyosan_h29/ipan/h29jyuutensesakubetsu/1-3-1-enerugi.files/10-1-0050-san1.pdf)

(注 9) 堺市 LRT 計画について

<https://www.city.sakai.lg.jp/shisei/toshi/kotsuseisaku/index.files/kensyou.pdf>

現段階では実現は難しく、他象限においても実現可能性は低いと考えるものの、実現時の影響の大きさから各象限のシナリオに含めた。

## 第二象限 「化石燃料価格が上昇し、住宅用地価が下落した場合」

### シナリオ・タイトル『新規作成』

尾崎文音

堺市の地域エネルギー方針は省エネルギー、蓄エネルギー、創エネルギーの取り組みを基礎として太陽光発電などの再生可能エネルギーを中心とする分散型エネルギー供給※注5を進めることで、電力自給率の向上を目指すものである。※注1

短期間の化石燃料価格上昇であれば、企業や消費者の個々の行動に影響を与える程度だが、中期間、長期間となると火力発電が盛んな堺市では発電設備や発電様式、生活様式の変化が必要となってくる※注2。化石燃料は、長期的な価格上昇であっても価格が上下する変化量に対して需要がどれほど変化するかを比率を表す価格弾性値が約 -0.1 程度である。価格弾性値が1以下であると需要は価格の変化に影響しにくいので、化石燃料の需要は価格などに左右されて減ることはないといえる。発電量を減らすことはできないので、堺市は化石燃料の代替策として、より一層再生可能エネルギーに注目するだろう。また、環境モデル都市であり環境未来都市を目指している堺市は、新エネルギー普及に対する市民の意識を高めるため、大阪府立大学植物工場研究センターや堺市クリーンセンター東工場などの堺市の次世代エネルギー施設群を体験施設「大阪ベイエリア・堺次世代エネルギーパーク」として見学会などの取り組みを行っている。さらに、堺太陽光発電所は国内最大級である。以上のことから、堺市は再生可能エネルギーに非常に意欲的であると分かる。※注1 従って、堺市はまず太陽光発電などの補助金を増やし、家庭用小水力発電などの補助金も出すだろう。国からの補助金は太陽光が平成26年以来廃止されているが、長期の化石燃料価格上昇により見直されるかもしれない。小水力発電は現在農業用のみだが、住宅用の補助金も交付されるようになり、これによって再生可能エネルギーがよりいっそう身近なものとなるだろう。

また、地価の下落により先ほどの補助金を使って再生可能エネルギー設備を持つ一戸建てを建てやすくなる。堺市は平成29年からVPP（バーチャルパワープラント）※注3を導入するので、より家庭で発電して余った電気のやりとりなどがしやすくなり、再生可能エネルギー発電設備を持つ家庭が増えやすくなることで、堺市の目指している分散型エネルギー供給システムが成立するだろう。また、再生可能エネルギー以外にもLNGを無駄なく使うため、VPPだけでなく熱交換システム※注4も導入されるだろう。

また、東日本大震災ではオール電化や都市ガスは13日間、供給が停止し多くの人が不便な生活を強いられた中、分散型エネルギーであるLPガス※注5が活躍をした。このことから、東日本大震災の影響を受けて電力システムを見直している堺市は、再生可能エネルギーだけでなくLPガスの供給体制も見直す必要がある。

よって化石燃料価格が上がり、地価が下がる場合、堺市が目指す分散型エネルギーシステム※注6が構築され、エネルギー効率が高く、災害に強い町に近づくことができるだろう。

※1 堺市エネルギー施策方針（本編）

[http://www.city.sakai.lg.jp/shisei/gyosei/shishin/kankyo/ondanka/energy\\_policy.files/honpen131129.pdf](http://www.city.sakai.lg.jp/shisei/gyosei/shishin/kankyo/ondanka/energy_policy.files/honpen131129.pdf)

堺市エネルギー施策方針（概要）

[http://www.city.sakai.lg.jp/shisei/gyosei/shishin/kankyo/ondanka/energy\\_policy.files/gaiyou131129.pdf](http://www.city.sakai.lg.jp/shisei/gyosei/shishin/kankyo/ondanka/energy_policy.files/gaiyou131129.pdf)

※2 環境庁 石油高騰 関係性

<http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2008html/1-1-2.html>

日本エネルギー経済研究所

[https://eneken.ieej.or.jp/report\\_detail.php?article\\_info\\_id=3268](https://eneken.ieej.or.jp/report_detail.php?article_info_id=3268)

経済産業省 HP

<http://www.meti.go.jp/main/yosangaisan/fy2017/pr/energy.html>

※3 VPP（バーチャルパワーポイント）とは

[http://www.renewable-ei.org/column/column\\_20160226.php](http://www.renewable-ei.org/column/column_20160226.php)

堺市における VPP（平成 29 年）

[http://www.city.sakai.lg.jp/shisei/zaisei/yosan\\_kessan\\_shushj/yosanhenseikatei/toshoyosan\\_h29/ipan/h29jyuutensesakubetsu/1-3-1-enerugi.files/10-1-0050-san1.pdf](http://www.city.sakai.lg.jp/shisei/zaisei/yosan_kessan_shushj/yosanhenseikatei/toshoyosan_h29/ipan/h29jyuutensesakubetsu/1-3-1-enerugi.files/10-1-0050-san1.pdf)

堺市 HP

<http://www.city.sakai.lg.jp/kurashi/gomi/ondanka/coolcitysakai/>

環境未来都市、環境モデル都市

<http://future-city.jp/torikumi/>

※4 熱交換システム

[https://www.toshiba.co.jp/thermal-hydro/thermal/whatis/convention/index\\_j.htm](https://www.toshiba.co.jp/thermal-hydro/thermal/whatis/convention/index_j.htm)

仙台市ガス局 HP

<http://www.gas.city.sendai.jp/>

仙台市ガス事業復興プラン

[http://www.gas.city.sendai.jp/top/info/uploads/kirokusi\\_4\\_1.pdf](http://www.gas.city.sendai.jp/top/info/uploads/kirokusi_4_1.pdf)

※5 日本 LP ガス協会 HP

<http://www.j-lpgas.gr.jp/feature/saigai.html>

東日本大地震被災地の方々の声

[http://www.j-lpgas.gr.jp/feature/dl/campaign\\_FA.pdf](http://www.j-lpgas.gr.jp/feature/dl/campaign_FA.pdf)

※6 分散型エネルギー

[http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/mitoshi/006/pdf/006\\_05.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/006/pdf/006_05.pdf)

## 第一象限 「化石燃料価格が上昇し、住宅用地価が上昇する場合」

### シナリオ・タイトル『現状活用』

#### 第一象限において、堺市が目指すべきもの

奥野祥太郎

まず、第一象限の大まかな内容は次のようになる。

化石燃料の値段が上昇すると、堺市の火力発電所のエネルギーである液化天然ガスの価格も上昇し、火力発電の規模は収縮される。また、この値上がり幅が大きい時、政府や市は火力発電からの脱却を目指し、クリーンエネルギーの中でも最も発電量の多い太陽光発電やマンションなどの高低差を利用して発電する小水力発電などに対する補助金を出すだろう。化石燃料の価格の上昇とともに、液化天然ガスの価格も上昇するので、発電効率をよくするために火力発電所では、発電途中に発生した熱を利用した新たな発電方法により、無駄を少なくしていくだろうと思われる。このとき、液化天然ガスの代わりに日本近海でたくさん発見されたメタンハイドレートや、世界各地で採掘され始めているシェールガスなどの導入も進められ始めるだろう。また、地価の上昇により、ただでさえ弱まっていた一戸建ての数は減少気味に動くであろう。なお、堺市は 2020 年度までに市内にある一軒家の 3 分の 1 の約 10 万件の屋根に太陽光パネルを設置するという計画を成功させるために、支援を強化するだろう。

また、途中で頓挫した計画であるが、堺駅と堺東駅さらにはその先の堺浜駅を結ぶという LRT 計画は、線路敷設のための住民立ち退きにかかる費用が地価の上昇により、実現は難しくなるだろう。実現されなければ急激に電力需要が増えるということはなく、火力発電に絶対に頼らなければならないということはないだろう。それにより、わざわざ高価な燃料電池を買うという消費者は少ないだろう。また、堺市としては効率よく、賢く、電力の供給ができる VPP(Virtual Power Plant の略。以下 VPP と表記する)といわれるシステムを今後導入していくという動きがある。さらには化石燃料の価格上昇により、火力発電に頼ってはいならないという気運が高まり、地価の上昇により、新たな発電システムを作るのは難しいという危機感に煽られ、VPP を導入するという動きは高まるだろう。以上から、堺市としては脱炭素社会の形成を目指すため、火力発電の割合を減らそうという動きが活発化する。一方で、地価の上昇により新たな大規模太陽光発電システムや小水力発電の導入はあまり進まないと考えられ、今ある発電設備を用いて、火力発電だけに頼らず、太陽光発電をはじめとするクリーンエネルギー発電をおこなっていくだろう。

私がここで取り上げたいのは VPP である。

VPP は、私たちのシナリオの四つの象限のうち、第一象限の場合に最も必要とされるだろう予想した。VPP に着目した理由は、2 つある。一つ目に、平成 29 年に堺市が国に、VPP を導入するための補助金を申請しており、VPP の導入を実験的におこなっているということ。二つ目に、ほかの地方自治体でこれに似た実験でよい結果を得ているという事だ。私は、鳥取県の米子市のローカルエナジーという企業に着目した。この企業は、平成 27 年の 12 月に官民出資の会社として設立された、小売電気事業者である。このローカルエナジーという企業の理念は、ズバリ...“エネルギーの地産地消”。私たちのテーマと偶然にも一致している。また、ローカルエナジーの主な電力の電源は、米子市にもともとあった、廃棄物を利用したバイオマス発電を盛んにおこなっている米子市クリーンセンター、また、中国地方最大級の広さを誇るソフトバンク鳥取米子ソーラーパークなどからである。それらの電力を、インターネットを活用した VPP を利用し、地域の電力小売会社として着実に業績を上げている企業だ。私は、堺市がローカルエナジーに見習うべき点が

いくつかあると思う。まず一つ目に、ローカルエネルギーは、地域に散逸している大規模な電力供給場所に注目してこれらの供給量を調整することで、これまでは需要と供給を無理やり一致させてきたのを、VPPを用いることで無駄を省くことに成功した。よって、堺市にある全国有数の規模を持つ泉北臨海火力発電所においてもVPPをうまく活用すれば、米子市と同じように無駄を省くことが出来るのではないだろうか？また二つ目に、米子市はその市の面積が小さいため、VPPを使用する上で、送電時のロスが少なくなり、より電気が無駄なく使えるという利点もある。一方、堺市は、臨海地域に大規模な工場帯がある。これらは火力発電所との距離が近いので、ローカルエネルギーのように送電ロスが減り、また、需要・供給ともに大規模なため、住宅街にVPPを導入するよりもやりやすいのではないだろうか？三つ目に、このローカルエネルギーは、米子市クリーンセンターやソフトバンク鳥取米子ソーラーパークなどの地域電源を供給源としているため、堺市が目指すエネルギーの仕組みに似かよっていると思われる。その地域電源の利用率でこそ、ローカルエネルギーの約90%に劣る約20%であるものの、電力量にすると、ローカルエネルギーに勝っている。十分に電力の面においては、“地産地消”をできていると思われる。現在堺市は、家庭の蓄電池を利用した比較的小規模なVPPの実験をすることにしているが、これが終わり次第、堺臨海工業地域の近く（具体的には堺市立みなと堺グリーン広場あたりに）アグリゲーターを設置し、たくさんある工場に供給できるようなVPPを導入するべきだと思う。

#### 【注及び注釈】

平成29年度堺市が国に申請したVPPの補助金

<http://www.city.sakai.lg.jp/kurashi/gomi/ondanka/smarthouse/smarthouse.html>

平成29年度堺市スマートハウス等導入支援事業の一環で堺市が始めた。

小売電気事業者

2016年の4月1日に電力の小売りが全面的に自由化されたことにより、電力を売買できるようになった会社のことである。ローカルエネルギーもその一つである。

バイオマス発電

燃料として石炭や石油などの従来の化石燃料を使用せず、代わりに木材、家畜の糞尿、さらには、食べ物の残飯などの動植物から作られる再生可能な有機物資源（バイオマス）を、直接あるいはガス化して燃焼させて発電する仕組みである。

ソフトバンク鳥取米子ソーラーパーク

SB エナジー会社が鳥取県の米子市に作った中国地方最大級の太陽光発電施設である。この施設とローカルエネルギーは提携を結び、米子市内の家庭に電力を供給している。

堺市立みなとグリーン広場

埋立地の上に造られたレジャー施設で、大きな野球場やグラウンドが整備されている公園である。このあたりの近くには、いわゆる堺臨海工業地域が広がっており、このあたりに、アグリゲーターを設置すれば、堺市においてVPPを推進させやすいのではないかと考えている。

アグリゲーター

VPPにおいて、家庭や、工場などで生産された電力を、IoTシステムを利用して一か所に集めるように機能させるための仮の発電所のようなもの。

- ・ 堺市ホームページ

<http://www.city.sakai.lg.jp>

- ・ 堺市エネルギー施策方針(本編)

[http://www.city.sakai.lg.jp/shisei/gyosei/shishin/kankyo/ondanka/energy\\_policy.files/honpen131129.pdf](http://www.city.sakai.lg.jp/shisei/gyosei/shishin/kankyo/ondanka/energy_policy.files/honpen131129.pdf)

- ・ 堺市エネルギー施策方針(概要)

[http://www.city.sakai.lg.jp/shisei/gyosei/shishin/kankyo/ondanka/energy\\_policy.files/gaiyou131129.pdf](http://www.city.sakai.lg.jp/shisei/gyosei/shishin/kankyo/ondanka/energy_policy.files/gaiyou131129.pdf)

- ・ 堺港発電所について

[http://www.kepco.co.jp/energy\\_supply/energy/thermal\\_power/plant/sakaiko.html](http://www.kepco.co.jp/energy_supply/energy/thermal_power/plant/sakaiko.html)

- ・ 太陽光発電の仕組み

<http://www.sbenergy.jp/study/illust/solar/>

- ・ 小水力発電の仕組み

<http://www.sbenergy.jp/study/illust/water/>  
<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/shg/page02.html>

- ・ 風力発電の仕組み

<http://www.sbenergy.jp/study/illust/wind/>

- ・ バイオマス発電の仕組み

<http://www.sbenergy.jp/study/illust/biomass/>

- ・ V P P とは

<http://blog.eco-megane.jp/vpp>

- ・ 堺市が平成29年度国に申請したV P P 関連事業に関する資料

[http://www.city.sakai.lg.jp/shisei/zaisei/yosan\\_kessan\\_shushj/yosanhenseikatei/toshoyosan\\_h29/ipan/h29jyuutensesakubetsu/1-3-1-enerugi.files/10-1-0050-san1.pdf](http://www.city.sakai.lg.jp/shisei/zaisei/yosan_kessan_shushj/yosanhenseikatei/toshoyosan_h29/ipan/h29jyuutensesakubetsu/1-3-1-enerugi.files/10-1-0050-san1.pdf)

- ・ V P P の成功例(米子市)

<http://b.hatena.ne.jp/entry/sgforum.impress.co.jp/article/3509?page=0%2C0>

- ・ 米子市のあらまし

<http://www.city.yonago.lg.jp/1117.htm>

- ・ ローカルエナジーについて

<http://www.lenec.co.jp/>

- ・ ローカルエナジーの活動

<http://www.lenec.co.jp/lower/business.php>

- ・ 米子市クリーンセンターについて

<http://www.city.yonago.lg.jp/3393.htm>

- ・ ソフトバンク鳥取米子ソーラーパークについて

<http://www.sbenergy.co.jp/ja/business/list/individual/81.html>

- ・ V P P の成功例(豊田市)

<http://techon.nikkeibp.co.jp/atcl/news/16/060507822/?ST=msb>

- ・ 環境未来都市,環境モデル都市の概要

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/tiiki/kankyo/>

[http://www.kantei.go.jp/jp/singi/tiiki/kankyo/pdf/kankyo\\_gaiyo.pdf](http://www.kantei.go.jp/jp/singi/tiiki/kankyo/pdf/kankyo_gaiyo.pdf)

- ・ 堺市が環境モデル都市に認定

<http://future-city.jp/torikumi/>

- ・ 堺市の環境モデル都市構想

<http://future-city.jp/torikumi/sakai/>

- ・ 化石燃料とは

<https://kids.gakken.co.jp/kagaku/eco110/answer/a0092.html>

- ・ 世界のエネルギー事情について

[http://www.kepco.co.jp/energy\\_supply/energy/nowenergy/world\\_energy.html](http://www.kepco.co.jp/energy_supply/energy/nowenergy/world_energy.html)

- ・ 原油価格とLNG価格のタイムラグについて

<https://eneken.ieej.or.jp/data/6318.pdf>

- ・ メタンハイドレートについて

<http://www.mh21japan.gr.jp/mh/02-2/>

- ・ シェールオイルについて

<http://www.e-shalegas.net/oil/>

- ・ 中国がメタンハイドレートの採掘実験に成功

<https://www.cnn.co.jp/business/35101514.html>

