

*Seifunankai Galven*



Future World



Super Global High School

平成29年度

# SP卒業論文選

清風南海学園 中学校・高等学校

# 本書の構成

## 巻頭言

### 第 I 章 SGH 事業と SP

1. 本校の SGH 構想
  2. SP を行うために
  3. How to do SP
  4. SP の具体例
- 付 SP をめぐる 3 年間の流れ・ポスター集

### 第 II 章 SP 卒業論文のまとめ

1. 統一テーマ
2. 各班の内容 (概略)
  - ①トピック
  - ②2 軸に挙げた DF
  - ③SP マトリックス模式図
  - ④英語による要約(Abstract)
    - トピック 選定理由
    - トレンドの動向
    - 2 軸の選定理由
    - 各象限のシナリオ

### 第 III 章 卒業論文選

- 共通部分—
- 《序論》
- I トピックの紹介と選定理由
  - II 2 軸に挙げた DF(ドライビング・フォース)
  - III 4 つの象限の概要
  - IV UI マトリックス模式図
- 《本論》
- 第一章 トレンドの動向
  - 第二章 XY2 軸の選定理由
- 個別論述部分—
- 第三章
- 《結論》

### 第 IV 章 高校生向け学習教材としてのシナリオ・プランニング ～清風南海高校の SGH 構想～

- 1 グローバル・リーダー像
- 2 思考への誘い
- 3 三つの“じゃない”
- 4 課題発見能力育成の困難
- 5 シナリオ・プランニングとは
- 6 シナリオ・プランニングを支える取り組み
- 7 シナリオ・プランニングの進め方
- 8 高校生にシナリオ・プランニングを教えることの意義
- 9 卒業作品集の構成

## 編集後記

## －目次－

		ページ
本書の構成		1
目次		2
巻頭言		3
第Ⅰ章 SGH 事業とシナリオ・プランニング(SP)		5
	1. 本校の SGH 構想	8
	2. SP とは	10
	3. How to do SP	12
	4. SP の具体例	14
	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">付</span> SP をめぐる 3 年間の流れ・ポスター集	18
第Ⅱ章 SP 卒業論文のまとめ		23
	1. シナリオ・プランニングの統一テーマ	25
	2. 各班の内容（概略）	26
第Ⅲ章 卒業論文選		43
1 班	2030 年の日本の電力とスマートグリッド	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	69
第Ⅳ章 高校生向け学習教材としてのシナリオ・プランニング ～清風南海高校の SGH 構想～		91
編集後記		114



<国際シンポジウムにおける SP の発表>



<SP ポスターの発表>

## 巻頭言

清風南海高等学校  
SGH プロジェクトチーム

SGH（スーパーグローバルハイスクール）指定を受けて、早くも3年がたちました。本校の生徒に相応しいSGHとしてSP（シナリオ・プランニング）の取り組みを発想し、以来様々な試行錯誤を行ってまいりました。この度、「卒業論文集」という形によって、グローバルコース1期生2クラス78名の3年間の成果を世に問うことができ、喜ばしい限りです。これは、ひとえに関係者の皆さまの様々なご指導・ご鞭撻の賜であり、ここに厚く御礼を申し上げる次第です。

これまでにない取り組みであったがゆえ、「考えながら走る」方法で進めて行くしかなく、「未来の生徒の成長に資する取り組みであること」に価値を置きつつ、遅々たる歩みであるものの、生徒達の成長とともに教員やシステムも進化していったのではないかと思います。また、初年度であるが故に自由気ままにやることができたという面もあり、この間調査や議論に費やした時間は、生徒の様々な能力の伸長に間違いなく寄与することとなり、最終的には勉学の面にも好影響を与えることができたと感じられます。

本冊子は、まず第I章でSP（シナリオ・プランニング）に取り組むこととなった経緯・考え方と、その手法を簡単にまとめました。第II章では班毎に論文の概略を見開き2ページにまとめましたが、3年生において英語による要約（アブストラクト）を作るという課題の成果を見ることができます。第III章は、8班に分かれて2年生より2年間に渡り取り組んできたSPの論文のうち、2年時に本校で開催の国際シンポジウム（平成28年10月29日）でプレゼン発表を行った2班の論文であります。その前半は班員の討論によってまとめられた「共通部分」であり、後半はそれを受けて各個人が取り組んだシナリオや独自に研究した「個別論述部分」の一部であります。最後の第IV章は、本校SGHとその主軸たるSPの構想を主導し、SPを生徒とともに実践したプロジェクトチームの一員である戸原克明による一文「高校生向け学習教材としてのシナリオ・プランニング～清風南海高校のSGH構想～」です。本校のプロジェクト立て上げ時の苦労やSPの手法を詳しく説明しておりますので、是非ご一読ください。

班や個人によって取り組み方に違いはありますが、真剣に意見を戦わせるという貴重な体験の結晶がこれら作品となりました。「もっとやりたかった」との思いが各生徒に少なからずあると思われませんが、これらの作品は、今後の人生の様々な場面における「基礎」として十分なものを、すべてのグローバル生が身につけることができた証でもあります。

冊子を読み返すにつれ、生徒・教員ともに様々な議論や発表の場面を思い浮かべることが出来るでしょう。各生徒がこの3年間の経験で身につけた事柄に自信を持って、今後の人生のすべての場面において、しっかり取り組んでくれるものと期待します。また、この冊子が後輩諸君や他校の皆さまのご参考となれば幸いです。

今後とも、本校のSGH活動に対するご理解とご支援をお願い申し上げます。





# 第 I 章

SGH 事業と SP



## －目次－

1. 本校の SGH 構想
  2. SP を行うために
  3. How to do SP
  4. SP の具体例
- 付** SP をめぐる 3 年間の流れ  
ポスター集

この章は、本校が SGH に応募して採用されて以来、グローバルコース一期生が 3 年間をかけて実施した SP(シナリオ・プランニング)の活動をまとめ、記述したものである。拙文により、SGH に対する本校の考え方や SP という発想に至る経緯、具体的な SP の方法や実施担当者の思いが少しでも伝われば幸いである。

なお、この章の紙面構成は 2 ページ見開きとし、左は「考え方や作業の大きな流れ」、右にはその「補足的な説明や資料」を配置した。できるだけわかりやすく簡潔に記述したつもりである。なお、底本としては、以下に挙げるものを用いた。

本校 SGH 校構想調書およびその概要

SGH 研究開発実施報告書や国際シンポジウム・中間発表会の資料冊子  
文部科学省ホームページ等

SP 卒業論文集（全体版）書載の「高校生向け学習教材としてのシナリオ・  
プランニング ～清風南海高校の SGH 構想～」戸原克明  
生徒の参考のため、「USJ の 10 年彼のアトラクションがどうなるか」を  
トピックとして実施した SP



## 1. 本校の SGH 構想

SP とは何なのか？



〈簡単に言うと〉

- ・「〇〇年後の△△」という形で定めたテーマに関する未来を描く手法の1つ。
- ・「テーマに大きな影響を与えるが、今後どうなるか不確定な」因子2つを探す。
- ・2つの因子それぞれが+-のいずれに動くかで、4つの未来のシナリオを描く。
- ・このようにして「起こりうる複数の未来」を論理的に作り上げ、未来の多様なリスクに備えようとするもの。

では、なぜ SP なのか？ そして、そもそも、本校はなぜ SGH に応募したのか？



50年を超える歴史を持つ本校は、高い進学実績と人材輩出など私学の進学校としてそれなりの地位を築いて来た。

グローバル化という時代の変化に伴う、大学入試などを含む教育改革のうねりの中、本校としても必然的に制度的な改革を進める必要があった。

本校でも当然「グローバルな人材育成」を目指していたことから、SGHに手を挙げて改革をさらに進めることとし、本校に相応しいSGHの形を模索。



〈議論の流れは以下の通り〉

- ①文部科学省の構想、すなわち「グローバル・リーダー育成」のためには、まず第一に本校の考える「グローバルリーダー像」の構築が必要。
- ②それを「地球規模の視野を持って世界のあり得べき未来図を描き、社会をより良い方向に導いていく人材」と定義し、その育成のために、「未来を読み解く力」と、「世界に発信する力」を身につけるための教育システムを開発する。
- ③本校生徒・教員の特性、強みと弱み、学校の教育方針やスクール・アイデンティティに鑑み、SGH構想で取り上げられた様々な能力の内、「論理的思考力の育成」を本校SGHの中心課題と位置づける。
- ④その手法を探る過程で、シナリオ・プランニング(SP)と出会う。



<SGH、国の構想>

平成 26 年 1 月 14 日 文部科学大臣決定 (一部省略)

1. 趣旨

高等学校等におけるグローバル・リーダー育成に資する教育を通して、生徒の社会課題に対する関心と深い教養、コミュニケーション能力、問題解決力等の国際的素養を身に付け、もって、将来、国際的に活躍できるグローバル・リーダーの育成を図ることとする。

2. 事業目的

グローバル・リーダー育成に資する教育課程等に関する研究開発を行う高等学校等をスーパーグローバルハイスクールに指定する。あわせて、高大接続の在り方についても研究開発を行う。



<文科省ホームページ>

- ◆目的 : 急速にグローバル化が加速する現状を踏まえ、社会課題に対する関心と深い教養、コミュニケーション能力、問題解決力等の国際的素養を身に付け、将来、国際的に活躍できるグローバル・リーダーを高等学校段階から育成する。
- ◆事業概要 : 国際化を進める国内の大学ほか、企業機関等と連携して、グローバルな社会課題発見・解決し、様々な国際舞台で活躍する人材の育成に取り組む高等学校を「スーパーグローバルハイスクール」に指定し、質の高いカリキュラムを開発・実践する。

<本校生徒の持つ課題>  
(と捉えられたもの)

- 課題① 保守的なキャリア志向
- 課題② 危機感(論理的思考力)の不足  
—論理的な思考力の不足から来る楽観的な考え方—
- 課題③ 英語学習における「話す」能力の未成熟
- 課題④ 主体性の不足
- 課題⑤ 情報処理能力の未発達

<本校 SGH の内容・目標の基本的要件>

- ◇一定以上の学力・知識レベルである本校の生徒に見合った「進学校型 SGH」
- ◇難度の高い活動を構築する。
- ◇推薦入試にも対応できるが、いわゆる受験学力を低下させない。
- ◇英語に偏重せず、コミュニケーション手段として活用する中で、「話す」力も含めた英語力を自然と身につけさせる。
- ◇世界でリーダーとして活躍する人材の育成。  
そのためには「将来へのヴィジョン」を持たねばならない。
- ◇特定分野だけに偏らないジェネラリスト育成。
- ◇生徒の今後のキャリア構築に資するもの。

## 2. SP を行うために

### <SP とは？>

大手エネルギー会社ロイヤル・ダッチ・シェル社が用い、世界の多くの企業がその予測を参考にしていることで有名な未来予測の手法。

### <SGH 構想の議論と SP>

- ◇生徒の「課題発見能力を育成」する際、テーマ設定の段階から教員と一緒に考えながらじっくり作り上げれば、非常によいものが出るだろう。
- ◇担当教員の数、「受験のための教科学習」に差し障らない程度の SGH 授業時間数の確保等、指導する側の物理的な制約を考え、「テーマ設定を限定的なもの」に。
- ◇「〇〇年後の△△を考える」という、トピックの型が限定された SP (シナリオ・プランニング) という手法に行き着いた。

高校生にとって無理のなく SP を習得出来る「カリキュラム」を作る。

### <SP を支えるもの(右図)の必要性>

通常、SP は所属する会社や組織の経営戦略を考える際に取り組むことが多く、基本的な知識や経営の方針などは十分承知している集団が取り組むことになる。高校生に対しては、カリキュラムを整備して知識や考え方を指導する必要がある。

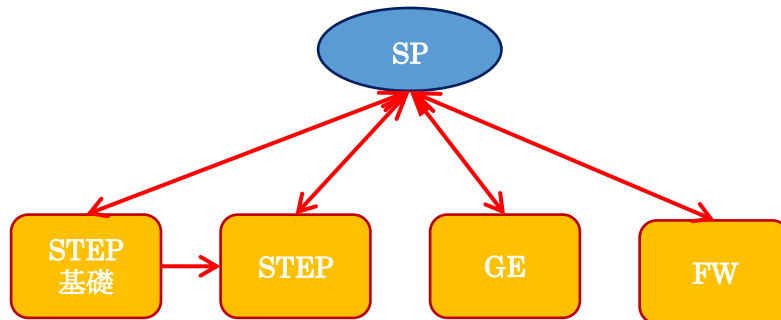
<p><b>【STEP ゼミ】</b> PEST 分析の手法を用いて、 Political(政治学的分野)、 Economic(経済学的分野)、 Societal(社会学的分野)、 Technological(科学技術的分野) 4 側面から分析する手法を学ぶ。</p>	<p><b>【GE】</b> (グローバル・ イングリッシュ) 主に「話す」能力 を育成。下記発表 会では、英語での プレゼンを実施。</p>	<p><b>【国内・海外 FW】</b> (フィールドワーク) 他国の大学生・高校生と の交流(発表・討論・SP) 自国文化の相対化 関東 2 方面、フィリピン、 マレーシア・シンガポール、バトナム</p>
<p><b>【中間発表会・国際シンポジウム】</b> 年 2 回の代表による舞台での発表と全員による ポスター発表の機会を設ける。 発表する・質問に答える・評価される等による 刺激、次の学年の生徒への継承。</p>		<p><b>【タブレット端末の導入】</b> 本校生徒の弱点の 1 つと言われて いた ICT 技術の未熟は、全生徒が ハードを手にすることによって、 活用面も飛躍的に充実した。</p>



SP を生徒に指導しながら実施する授業の流れを、12 ページから示す。

◇実地に指導する中、高校生にやりやすい形態を考え、独自の工夫を行いながら試行錯誤を重ねた。従って、一般に行われている SP とは相違点も多いと思われる。

◇カリキュラムの構造



〈Pest 分析(本校では STEP ゼミ)〉

企業が、自社を取り巻くマクロ環境（外部環境、世の中の流れ）の変化が現在や将来にどのような影響を与えるか、把握・予測するためのフレームワーク（枠組み）

P=Politics（政治）, E= Economy（経済）, S=Society（社会）, T=Technology（技術）

の4つの視点から分析し、事業戦略立案やマーケティングの機会と課題の発見に活用

〈4つの視点に関連するキーワード〉

P：法律や条例、法改正、判例、規制緩和・条約・税制・政治、政権体制などの動向、公的補助、判例・規制緩和

E：経済成長や景気の動向、物価や為替動向、賃金動向、株価、金利・物価、消費動向・経済成長率

S：ライフスタイルや生活者としての意識の変化、人口、人口構成、密度・社会インフラ・流行、世論、事件・高齢化、少子化、言語、教育、宗教

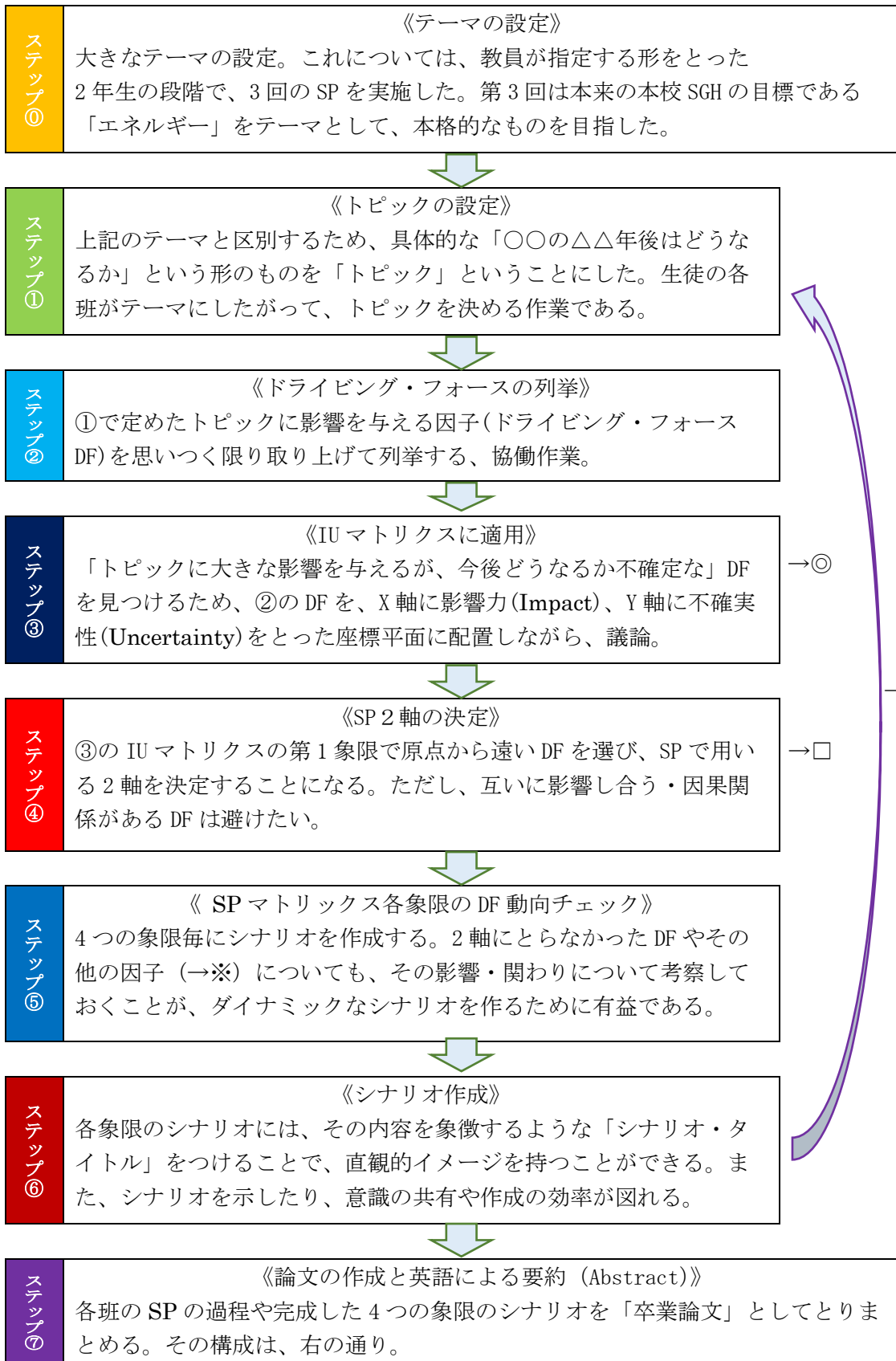
T：商品開発技術や生産技術、マーケティング技術の変化、インフラ、ビッグデータ・IT、新技術、開発、特許、イノベーション（技術革新・新たなサービスや価値観）

◇各授業・行事の詳細については、報告書や国際シンポジウム、各中間発表会等の冊子を参照のこと。

◇一般に、SGH は文系的な内容に偏りがちであるが、ジェネラリスト養成が本校の SGH の目標であり、生徒も文理分けがされていない時期にグローバルコースを選択する。従って、文理混合のクラスでの活動という特色を持つことになった。



### 3. How to do SP





まず、生徒を10人程度の班に分ける。ただし、構成員がSTEPゼミの4つの分野 (Societal, Technological, Economic, Political) が出来るだけ均等になるようにしたい。本校では、7つのステップに分けた手順を元にワークブック「SPノート」(下図)を作成し、それに記入させることで流れを確認しながら作業を進めた。

第1回のテーマは生徒が興味を持ちそうな話題として「教育のICT化」「ゲーム産業」「USJ(ユニバーサルスタジオジャパン)」からの選択とし、第2回は手順の理解と定着のため、変則的ではあるが個人によるSPを「大学」をテーマとして行った。



→◎これを、IUマトリクスと称することにする。

生徒の経験のなさ、知識の浅さが露呈する部分である。ここでしっかり議論することが大切で、「理由」「根拠」となる資料を探し、エビデンスを得ることを心がける。

→◆「よいシナリオ」が出来るまで、トピックの設定に戻って繰り返し議論を重ねる。

→□2軸は、可能な限り具体的な内容のもので、数値(「○○の□□%が△△となる」等)で表すことが望ましい。一方、全く独立したDFを2つ取って来ることは難しい。

→※その他の因子:「トレンド」や「ブラック・スワン」

「トレンド」と呼ばれ、確実に起り影響力も大きいDFについても、確認しておく必要がある。また、戦争や大災害など「ブラック・スワン」と呼ばれるものは、多くのことに破滅的な影響を与えてしまうので、ここではDFとして取り上げない。

〈第Ⅱ章「各班の内容(概略)」には、以下の項目で論文のまとめを掲載〉

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

①トピックの選定理由〈英文〉

②トレンドの動向〈英文〉

③X軸選定理由〈英文〉

④Y軸選定理由〈英文〉

4つの象限のシナリオ〈英文〉

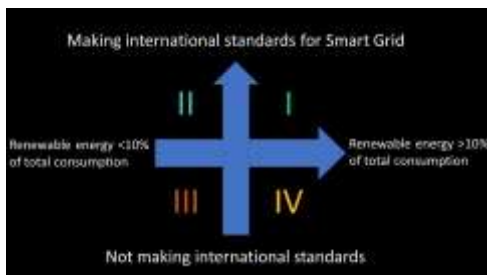


## 4. SP の具体例

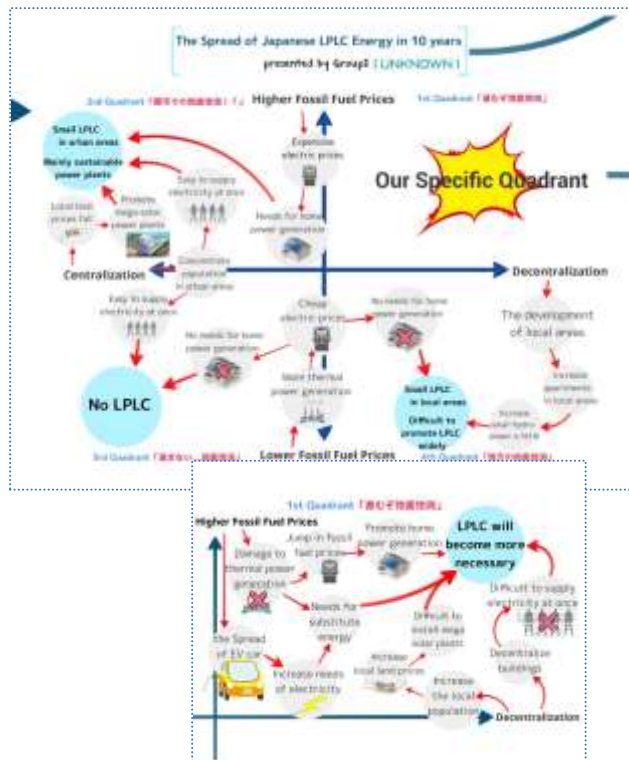
ここでは、SP の流れを再確認しつつ、見本として教員が提示した具体例によって説明を試みる。また、指導するに当たっての注意点などをまとめておく。



図は、2016 年 10 月 29 日の国際シンポジウムにおいて、生徒が行った SP に関するプレゼンのスライドの一部である。



**The 2nd quadrant**  
 •In the case of making international standards for Smart Grid but renewable energy <10% of total consumption

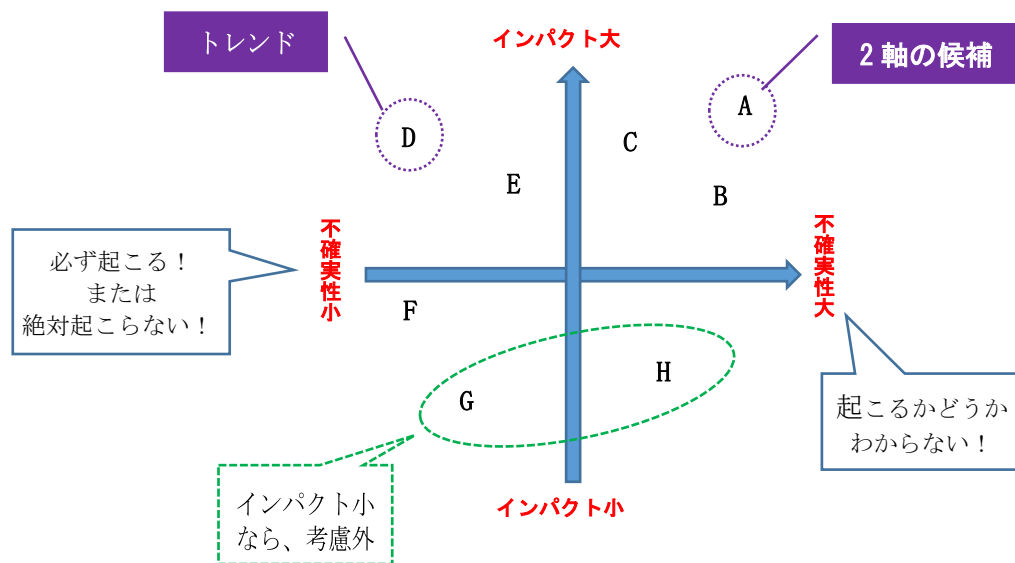


素直で与えられた課題をしっかりこなす生徒達であるが故に、冒険をしない傾向がある。その結果、ありふれた議論に終始し、「無難な結論」へ帰着させようとする事も多い。また、どうしても模範解答を求めようとするのだが、SPが「同程度の確率で起こりうる複数のシナリオを考え、未来に備えようとする手法」であることへの理解が重要である。

→○ブレインストーミングを用いて、各人が思いつくままのアイデアを出し合う。  
付箋に書き、模造紙に貼り付け（拡散）  
⇒俯瞰して、カテゴリーによるグループ分け（収束）

→◇ここからが難しくなる。「不確実性の意味」の理解、バイアスを排除した冷静な判断とエビデンスをきちんと求める態度をとることの重要性の理解が求められる。また、議論を十分尽くすよう、教員側による指導も必要となる。

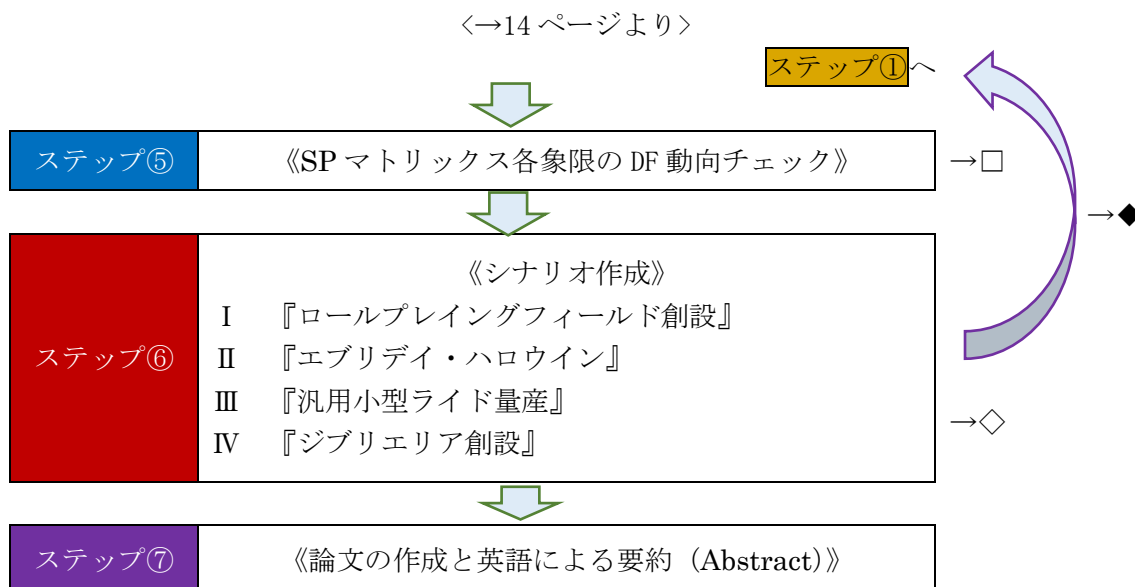
### IUマトリクス



→◆IUマトリクスにおいて第I象限で原点から最も遠い2つ、つまり、不確実性が高くインパクトの大きいDFが2軸の候補となる。具体性があり、できるだけ干渉し合わない2軸をとってくる。また、各象限のシナリオをイメージすることで、「面白い」ものとなりそうなDFを選びたい。実は、これが高校生にとってなかなか難しい。



## SP の具体例（承前）



以下、教員が例示したシナリオの一部である。（右の SP マトリクス、参照、）

〔第 1 象限〕：『ロールプレイングフィールド創設』

国内の景気が小康状態を保つ中、カジノを中心に大阪は経済活動が活発化する。MR（Mixed Reality=Virtual Reality +Augmented Reality 仮想現実+拡張現実）の技術発展が進む中、カジノに来た外国人観光客（主に中国人）に受けるように、クールジャパン的なコンテンツが拡大。……動き回るための空間の広さがある程度必要になるが、それは増収分から負担して、夢洲付近の土地を入手して充てる。……

〔第 2 象限〕：『エブリデイ・ハロウィン』

中国経済を中心に先行きに不透明さが残る中、地域活性化の手立てがなく、日本中で閉塞状態が続く。……USJ では音楽等の演出を凝らしてパレードやコンサートを行い、ひとときの享楽の場を提供することで、……

〔第 3 象限〕：『汎用小型ライド量産』

世界的に経済活動が縮小する中、日本では東京の一極集中化が進み、大阪はより一層の不況に見舞われる。……設備投資にお金をかけることはできないため、汎用性の効くライドを作成した上で、MR のコンテンツでマイナーチェンジを繰り返すようになる。……

なお、トレンドの動向(+テーマパークの対応)として取り上げたものは以下である。

- ①少子化の進行 → 大人も取り込む形態
- ②映画産業の動向 → 邦画を含む多様なコンテンツ
- ③VR と AR（上記）の普及 → アトラクション形態の変化

→□2軸にとらなかつたDFをSPマトリックスの各象限に当てはめたとき、その動向を表などにしてまとめておくとよい。

DF\象限	I	II	III	IV
C	↑	↑	↓	↓
D	↑	↓	↑	↓

.....

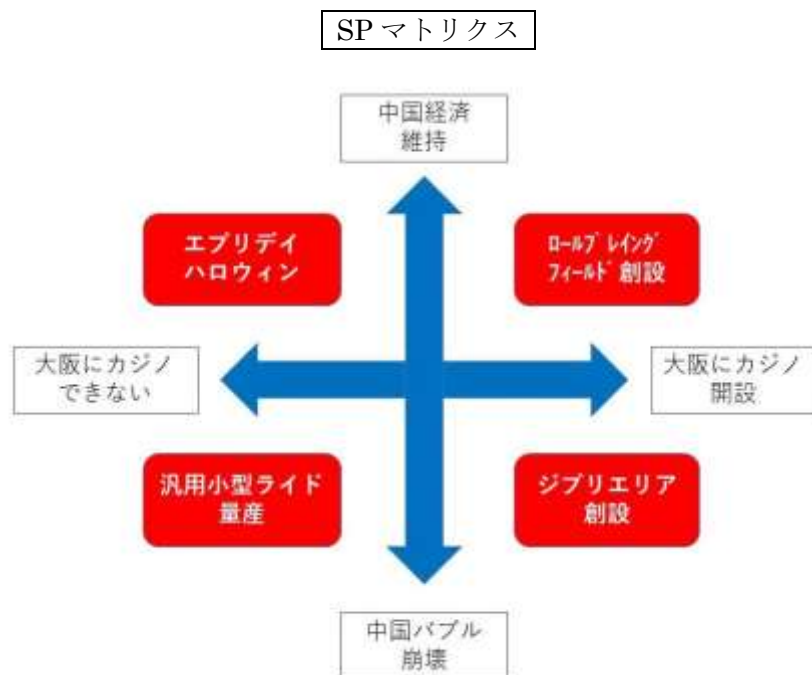
→◇今回のUSJに関するSPの具体例では、4つの象限にそれぞれ左のような「シナリオ・タイトル」が付けられた。指導をしていく中、「よいシナリオ」「面白いシナリオ」とはどのようなものか、が明らかとなってきた。



良いSPとは「想像力を論理的に発展させ、未来を良い方向へ導く術を模索する」もの

- ①具体性が高く、4つのシナリオの差異が明確なもの  
4つの象限は、それぞれ等しく可能性のある未来を描いているか。
- ②因果関係の連鎖が論理的につなげられたもの  
変化は連続的なものであり、物語として線（因果関係）でつながっている。
- ③背景に膨大なエビデンス（根拠）があることを感じさせるもの  
論理性と正当性を常に追究する態度を崩さない。
- ④未来を良い方向へ向かわせようという意気込みが感じられるもの  
当事者としての意識を持って議論し、考察する態度

→◆「よい・面白い」シナリオを作り上げるには、2軸を選び直してSPを行う、試行錯誤が大切である。



付 SP をめぐる 3 年間の流れ・ポスター集

《1 年生》

第一年次	月	STEP	その他
	4	STEP 基礎	GE 講演会 特別授業 FW
	5		
	6		
	7,8	FW・中間発表準備	
	9	第 1 回中間発表会	
	10	STEP 基礎	GE 講演会 特別授業 FW
	11		
	12		
	1	中間発表準備	
	2	第 2 回中間発表会	
	3	国内・海外 FW	

ここに掲載したポスターは、2016 年 10 月 29 日の国際シンポジウムにおけるポスター発表で使用したものである。(当日プレゼン発表を行った 2 班を除く、6 班分である。なお、残り 2 班の論文は、第 III 章参照)



《2 年生》

第二年次	月	STEP	その他
	4	STEP SP	GE 講演会 特別授業 FW
	5		
	6		
	7,8	国際シンポジウム準備	
	9	国際シンポジウム	
	10	STEP SP	GE 講演会 特別授業
	11		
	12		
	1	中間発表準備	
	2	中間発表会	
	3	国内・海外 FW	



### うわっ…うちの電気料金高すぎ…?

WHAT'S KAREN?
 

- 電力の値上げの理由
- 電力の値上げの経緯
- 電力の値上げの現状
- 電力の値上げの今後の見通し

Electric Charges after 15 years...

TOPIC	DRIVING FORCE	1 AXES
電力の値上げの理由	燃料費の高騰	電力の需給バランス
電力の値上げの経緯	電力の需給バランス	電力の需給バランス
電力の値上げの現状	電力の需給バランス	電力の需給バランス
電力の値上げの今後の見通し	電力の需給バランス	電力の需給バランス

### 2025年の大抵の電力自給率がLive by Onkaze! (電力自給率100%)

電力の自給自足を推進する理由
 

- 電力の自給自足は、電力の需給バランスを安定させることができる。
- 電力の自給自足は、電力の需給バランスを安定させることができる。
- 電力の自給自足は、電力の需給バランスを安定させることができる。

電力の自給自足を推進する理由
 

- 電力の自給自足は、電力の需給バランスを安定させることができる。
- 電力の自給自足は、電力の需給バランスを安定させることができる。
- 電力の自給自足は、電力の需給バランスを安定させることができる。

### Future Drivers

2030年の自動運転車の普及率から考える

トピック選定理由
 

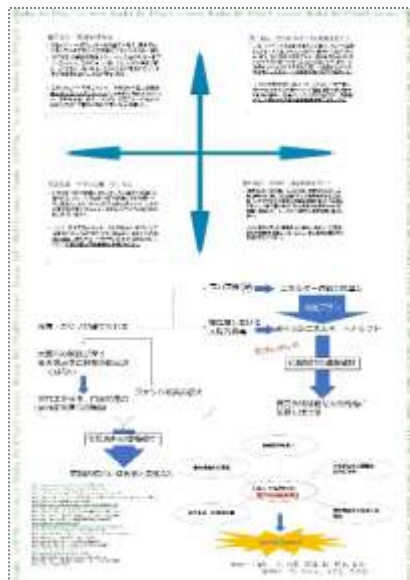
- 社会課題が大きい
- 「エネルギー」について
- 自動運転車だ!

自動運転とは?

人間が一切の操作を行わずとも走行する技術のこと。GPSを利用しているが精度が欠け、実用化には至っていない。しかし今、日本の数々の会社が注目。導入は2029年に完成予定。

Level
 

- Level 0... 道路からよく見かける自動車。ドライバーは車のすべてをコントロールしなければならない。
- Level 1... 一部の機能が自動化された自動車。単独で機能する。安全運転はドライバーの責任。
- Level 2... 少なくとも2つのコントロール機能を自動で提供。安全運転はドライバーの責任。
- Level 3... ドライバーが運転できることは必要とされるが、常に路上から目を離さないという制限がない。運転者なしで、自動車がすべてのコントロールを担い、自動車が走行中の安全の責任を負う。



### 《3年生》

第三年次	月	STEP		その他
	4	SP	GE	講演会 特別授業
5				
6				
7,8	課題研究発表準備			
9	課題研究発表			
10	課題研究発表			
11	課題研究発表			
12	課題研究発表			
1	論文作成・発表			
2	論文作成・発表			
3	論文作成・発表			

### 関西電力の電気代

関西電力の電気代
 

- 関西電力の電気代
- 関西電力の電気代
- 関西電力の電気代

二種設定
 

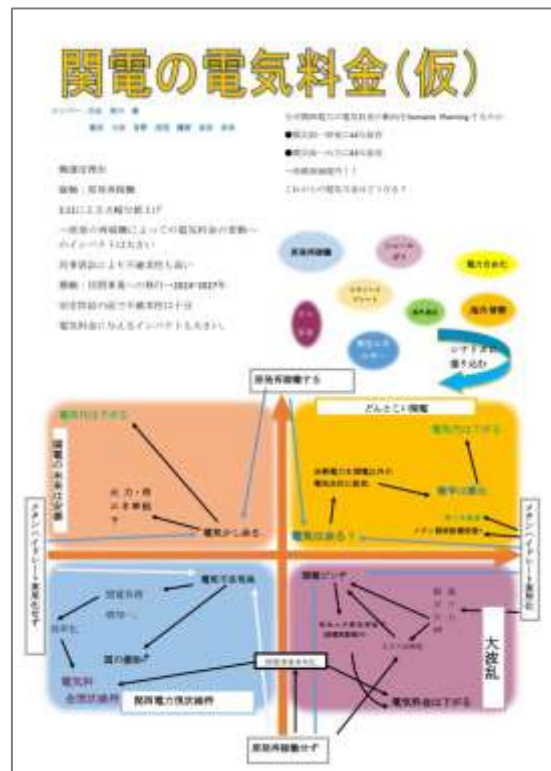
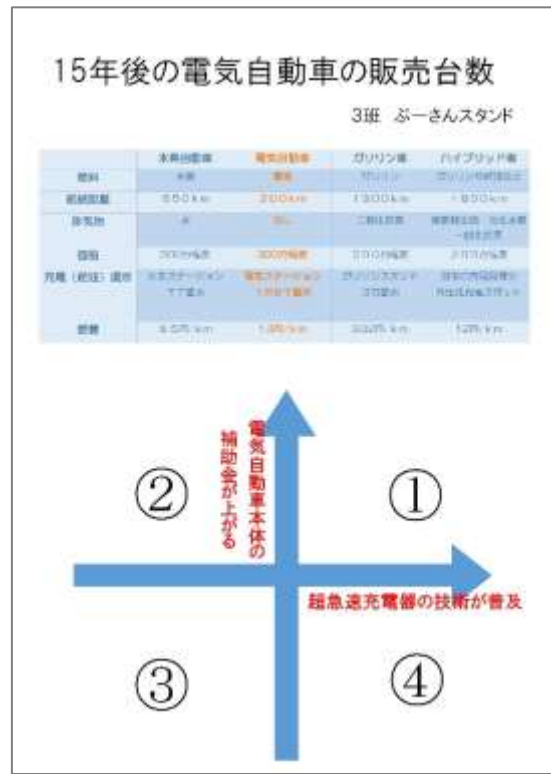
- 二種設定
- 二種設定
- 二種設定

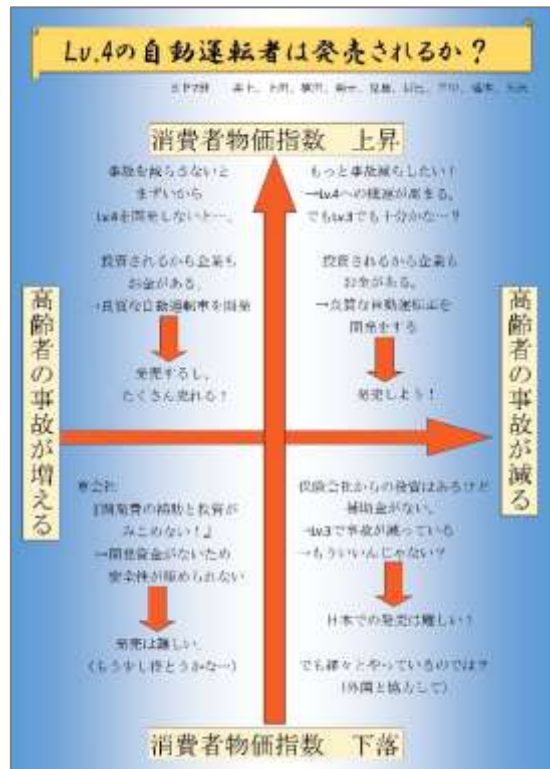
各家庭の概要
 

- 各家庭の概要
- 各家庭の概要
- 各家庭の概要



国際シンポジウムの後も各班はSPを進め、場合によっては2軸の取り方も変えた新たなSPのポスターを2017年2月23日の中間発表会で発表した。以下がそれであるが、最終的に論文にまとめられたものに近いと思われる。





なお、中間発表会では「SGH 甲子園」に出場した1班のみ舞台上でプレゼン発表を行ったので、その班のポスターはない。





## 第Ⅱ章

SP 卒業論文のまとめ





## 1. シナリオ・プランニングの統一テーマ

# エネルギー

## 2. 各班の内容（概略）について

「概略」の構成は次の様になっている

トピック

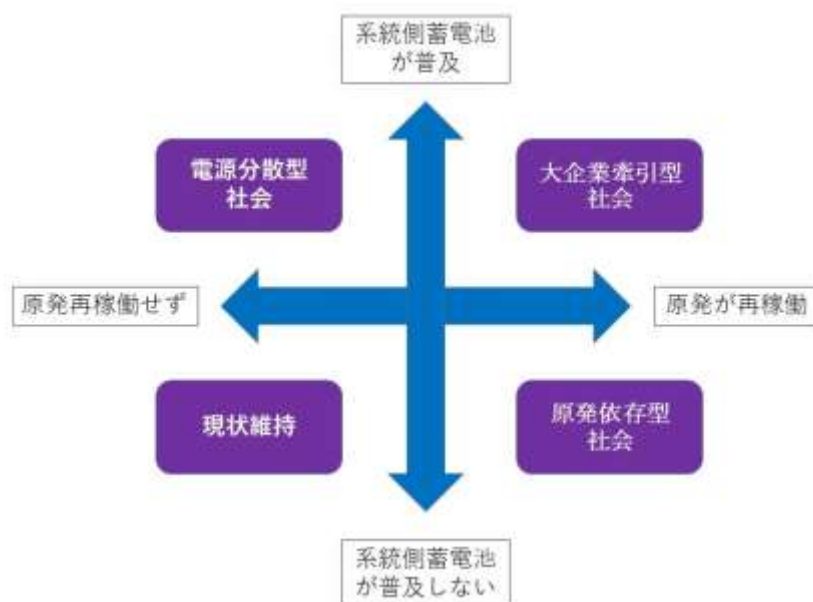
DF（ドライビング・フォース）

SPマトリックス模式図

- ①トピックの選定理由(英文)
- ②トレンドの動向(英文)
- ③X軸選定理由(英文)
- ④Y軸選定理由(英文)

4つの象限のシナリオ(英文)

第 1 班	
トピック	2030 年の日本の電力とスマートグリッド
DF (ドライブング・フォース)	「原子力発電所の再稼働」「系統側蓄電池の普及」
SP マトリックス模式図	注 <span style="background-color: purple; color: white; padding: 2px;">■</span> は、各象限の「シナリオ・タイトル」



①Topic

We had the shortage of electricity when the Tohoku earthquake occurred, even though Japan’s electricity supply was stable. However, we have found a new electricity supply system called “Smart Grid,” which is outstanding in terms of stability of electricity supply. It will also contribute to the reduction of CO<sub>2</sub> emission. These are the reasons why we chose “Smart Grid” as our topic.

②Trends

We picked up the following three factors as the trends:

1) The Spread of Energy Harvesting System

Energy harvesting is a system where we can change external energy sources, such as solar energy and vibration of bridges, into electricity.

2) Various Efforts and Actions to Preserve the Environment

3) The Effect of Declining Population on the Consumption of Electricity

It is often said that the demand of electricity will decrease as the population falls, but this is not true because the demand of electricity is determined by the social and economic situation, rather than population.

③The Reason for Choosing the X Axis

It is obvious that if nuclear power plants are restarted, electricity rates will become lower and it will have a great impact on the spread of Smart Grid. On the other hand, since nuclear power plants have many risks, many people are opposed to starting them again, which means it is quite uncertain if they will be restarted.

#### ④The Reason for Choosing the Y Axis

If large-scale storage batteries spread, renewable energy supply will become stable, which will be closely related to the spread of Smart Grid. However, today there are few large-scale batteries because of their high price, so whether they will be widely spread or not depends on technological advancement, which is very uncertain.

#### The 1st Quadrant

Large electric companies lower electricity rates because their nuclear power plants are restarted and smaller companies are overwhelmed. These large companies utilize large-scale storage batteries to distribute surplus electricity more efficiently. Since people want to benefit from this situation, Smart Grid will be widely spread. Smart Grid involves a lot of information transmission and it has a vast amount of private data, so the security against cyber-terrorism is strengthened.

#### The 2nd Quadrant

The amount of energy consumption varies in each season and it has a bad effect on an electric power network. In order to avoid that, electric companies need to constantly check the amount of energy consumption. Since large-scale storage batteries are available, they can control the data by introducing Smart Grid, which makes it possible to use electricity even when a disaster occurs. Besides, since nuclear power plants are not restarted, the Japanese government promotes electric power generation by using renewable energy. As a result, eco-friendly and disaster resilient society will be realized.

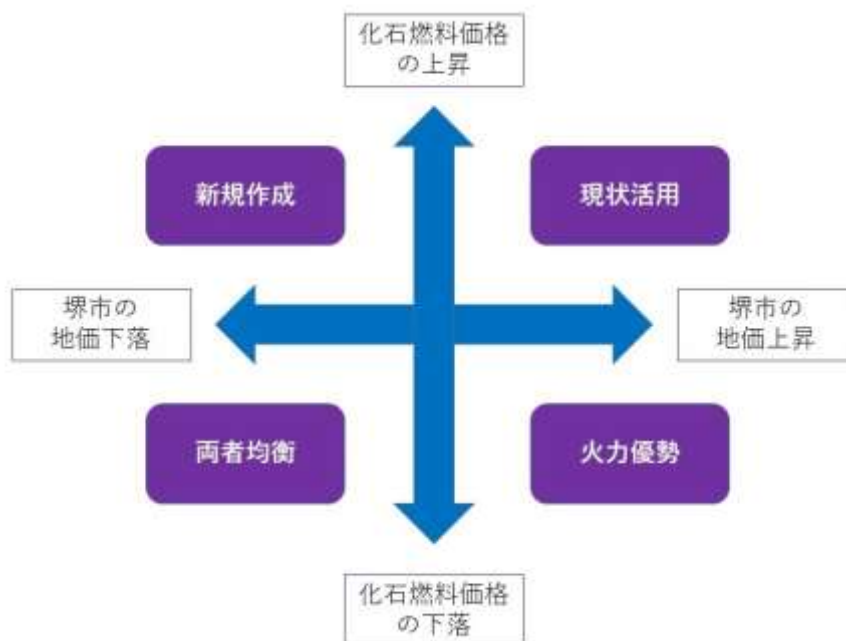
#### The 3rd Quadrant

Since nuclear power plants are not restarted, electricity generation has to depend on thermal power generation, which emits a lot of CO<sub>2</sub>. The Japanese government tries to promote renewable energy generation by introducing various supporting systems. These systems enable smaller electric companies to compete with larger electric companies. However, since both large and small electric companies cannot realize stable energy supply, the energy supplying system will remain the same as it is now.

#### The 4th Quadrant

Since large-scale storage batteries are not available, it is difficult to depend on electric power generation by using renewable energy sources. Electric companies reduce the investment in the establishment of new power plants that utilize renewables. They try to find effective ways to utilize existing power plants efficiently. Since nuclear power plants are already restarted, they will continue to depend on nuclear power generation.

第2班	
トピック	2030年度の堺市におけるエネルギーの地産地消について
DF(ドライビング・フォース)	「化石燃料価格の変動」「住宅用地価の変動」
SPマトリックス模式図	注 <span style="background-color: #800080; color: white; padding: 2px;">■</span> は、各象限の「シナリオ・タイトル」



①Topic

Since the Fukushima nuclear accident in 2011, the demand for alternative energy sources has been growing. Here, our team discussed the future of power generation and consumption in Sakai City, where half of our team members live.

②Trends

Among many DFs, we chose the following factors as trends, which have a great influence on the scenario of each quadrant. The entry of new electric companies, VPPs (Virtual Power Plant), solar power generation, biomass power generation and nuclear power generation.

③The Reason for Choosing the X Axis

There are a lot of clean energy sources, but solar power generation accounts for the largest amount and we focus on it. Increasing the amount of solar power generation requires large areas of land. Therefore, the price of land has a great impact, and it is very difficult to predict its changes.

④The Reason for Choosing the Y Axis

The reason why we chose the price of fossil fuels is that Sakai City depends largely on thermal power generation for generating electricity and it mainly uses Liquefied Natural Gas (LNG). Therefore, it greatly affects the generation of electricity and its changes are unpredictable.

#### The 1st Quadrant

Due to the rising price of fossil fuels, Sakai City decreases the amount of electricity generated in thermal power plants. At the same time, Sakai City does not build new big solar power plants or new hydraulic power plants because of the rising price of land. In such a situation, the introduction of the VPP system becomes important. VPPs enable us to connect each generation system with our houses and factories, and we can decrease the amount of wasted electricity. As a result, Sakai City will introduce the VPP system to use electricity efficiently.

#### The 2nd Quadrant

In this quadrant, the rising price of fossil fuels makes Sakai City introduce more alternative energy sources. It provides subsidies for generating electricity by using renewable energy sources. Since the price of land decreases, the number of new houses built in Sakai City is increasing. Thanks to the subsidies, these houses are equipped with solar panels or with a device for small hydraulic power generation. In addition, Sakai City introduces VPPs to effectively use electricity. Furthermore, Sakai City will try to become an ideal town which is resilient to disasters.

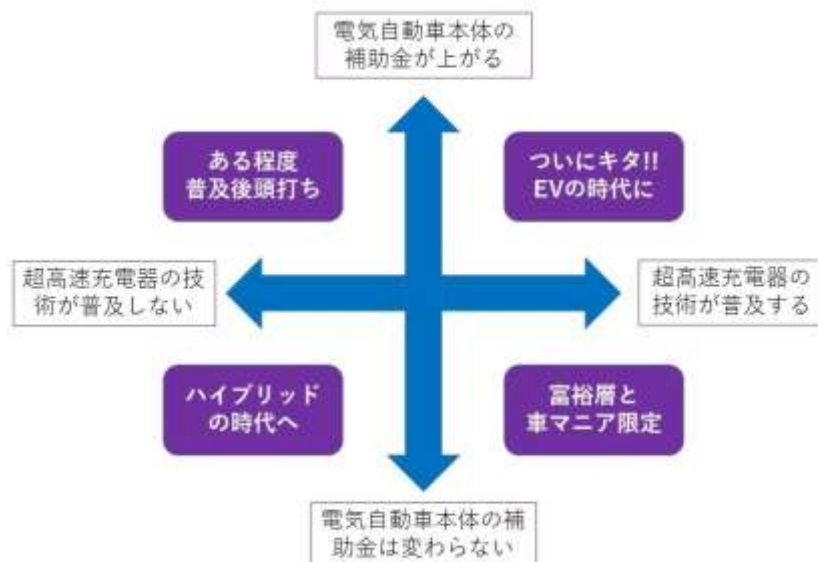
#### The 3rd Quadrant

In the third quadrant, since the price of fossil fuel has dropped, the amount of thermal power generation is still large in Sakai City, which is against its policies. Sakai City is designated as an Eco-Model City by Promotion Council for the “FutureCity” Initiative, so it has to promote clean energy generation. Since the price of land has also dropped, Sakai City tries to spread solar power generation. It provides subsidy for solar power generation and encourages people to have their houses equipped with solar panels. It also introduces the VPP system to use electricity more efficiently. However, the amount of electricity produced by thermal power generation and other power generation by using renewables is almost the same.

#### The 4th Quadrant

In this quadrant, since the price of fossil fuels has dropped, the amount of thermal power generation is large. At the same time, since the price of land in Sakai City has risen, the number of new houses is not increasing and that of apartment houses is increasing. In this situation, small hydraulic power generation, which can be installed in apartment houses, is promoted more than solar power generation. However, the amount of electricity produced by small hydraulic generation is small, compared to that by solar power generation, so Sakai City introduces the VPP system. On the other hand, Sakai City has a biomass power plant and it can generate electricity more stably than solar power generation. Sakai City tries to increase the amount of electricity produced there, but it is quite limited and it is impossible to build a new biomass power plant. In conclusion, the amount of thermal power generation remains large and the rate of renewable energy does not become high.

第3班	
トピック	日本における電気自動車が7年後普及するか
DF(ドメイン・フォース)	「超高速充電器の技術の普及」「電気自動車本体の補助金」
SPマトリックス模式図	注 <span style="background-color: purple; color: white; padding: 2px;">■</span> は、各象限の「シナリオ・タイトル」



①Topic

Among all the environment-friendly cars, EV (Electric Vehicle) sales have been increasing year by year. However, how much the price of the vehicle itself will be and how widely the technology will spread are very uncertain, so the amount of sales cannot be expected. Uncertainty of the sales of EVs would be appropriate for our scenario planning and this is why we chose this topic.

②Trends

Rental car and car sharing systems will spread. EVs, ZEVs (Zero Emission Vehicle) and automatic driving vehicles will also spread widely. There will be changes in public transportation. While in rural areas more and more public transportation will disappear, in urban areas more public transportation will be established. The regulation on diesel cars will be continued. More and more compact cities will be built and more alternative energy will be introduced.

③The Reason for Choosing the X Axis

According to the recent research, it takes at least 30 minutes to charge EVs. This makes people reluctant to buy them. However, since companies have been trying to invent new technology, this problem might be solved, but it is not certain.

④The Reason for Choosing the Y Axis

If the price of EVs goes down, more people will want to buy them, and it depends greatly on the amount of subsidies. Subsidies reflect the intention of the Japanese government, which wants to reduce the emission of CO<sub>2</sub>. However, the amount of subsidies is affected by the economy, which is uncertain.

#### The 1st Quadrant

The ultra-fast charger is invented and has spread, so it has solved the weakest point of electric cars and accelerated customers' interest in them. In compact cities, the public transportation system is improved, and so there are few households which have their own cars. However, rental car and car sharing systems are developed for sightseers who go to the country. On the other hand, in other cities, there are a lot of households which use electric cars because the ultra-fast charger is spreading. EVs are equipped with the autonomous driving system for the elderly. For the reasons above, a lot of electric cars will be used in Japan and electric mobility society will be implemented.

#### The 2nd Quadrant

Though the price of EVs goes down, it still takes a long time to charge them. Therefore, they will become popular among homemakers, who have enough time to spare. Expanding charging stations is necessary to promote the popularization of EVs, so more charging stations will be established. Considering that homemakers will account for a large part of the EV users, charging stations will be built mainly in parking areas of supermarkets and coffee shops. However, EVs will not become popular among people except homemakers, so the popularization of EVs will be limited.

#### The 3rd Quadrant

Today, the number of young people has been decreasing and the number of old people has been rapidly increasing in Japan. In addition, young people tend not to have their own cars because of the economic depression and the development of transportation networks. For these reasons, the number of car owners in Japan has been declining. In such a situation, unless we make drastic improvement in EVs or the Japanese government changes its policy on them and increases the amount of subsidies, the number of EVs will gradually decrease. However, people are more concerned about the environment, and the Japanese government has been taking various policies to decrease the CO<sub>2</sub> emission, so hybrid cars will be widely used.

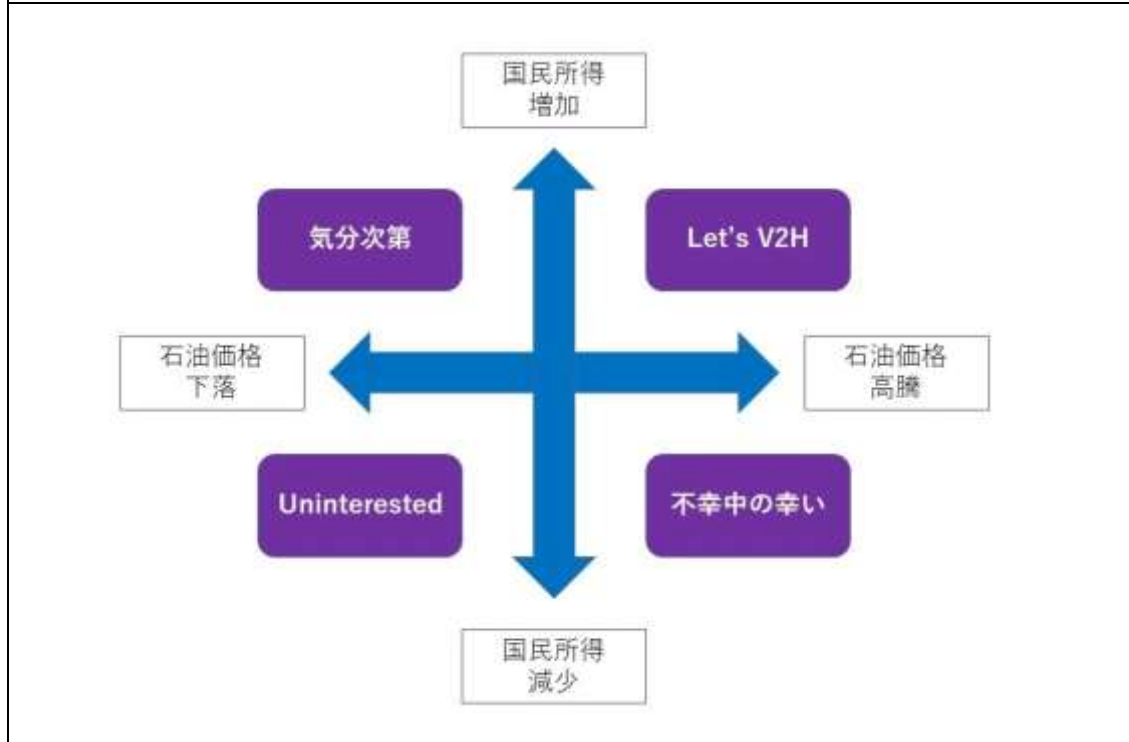
#### The 4th Quadrant

Even though the ultra-fast charger is developed, the price of EVs is high. Therefore, only wealthy people can afford them. In addition, the German Bundestag has decided to prohibit selling gasoline and diesel cars. Some other European companies will also take this policy. Since European cars are popular in Japan, people who love them will buy European EVs. On the other hand, Japan is a super aging society, so compact cities are developed in rural areas. In compact cities, EVs are more likely to be used for transportation because people don't have to move a long distance there. In conclusion, the number of European EVs and EVs in rural areas will increase, but most people will wait until EVs become cheaper.



**第 4 班**

トピック	15年後の日本におけるV2H(Vehicle to Home)の普及
DF(トピック・フォー)	「石油価格の変化」「国民所得の増減」
SPマトリックス模式図	注  は、各象限の「シナリオ・タイトル」



①Topic  
 Nowadays, environmental problems have become more and more serious. V2H (Vehicle to Home) is one of the new technological innovations which is expected to prevent the present situation from getting worse. Therefore, we have decided to examine the spread of V2H.

②Trends  
 Since we have to be prepared for earthquakes and protect the environment, the Japanese government will be promoting the spread of V2H. Thanks to technological innovation, the prices of the products related to this SP will have become lower

③The Reason for Choosing the X Axis  
 The price of petroleum is unstable because it depends on many factors, such as many countries' economy, international relationships and so on. Furthermore, it affects electricity rates, which is profoundly related to Electric Vehicles (EV) and the purchase of V2H.

④The Reason for Choosing the Y Axis  
 In order to purchase V2H, people need to have a decent income. Moreover, national income (NI) and the economy are greatly connected, and when the economy is good, the spread of V2H may be accelerated. In addition, the changes of NI cannot be predicted.

#### The 1st Quadrant

The scenario of the first quadrant is the most desirable for the spread of V2H. Since the price of petroleum has risen, both the price of gasoline and electricity rates are rising. In such a situation, people are more interested in private power generation. In addition, since people have a decent income, they pay more attention to preparing for earthquakes, which encourages them to introduce the private power generation system. As a result, V2H will widely spread. Considering the trend mentioned in the previous page, there is a strong possibility of the government enforcing this policy, which will accelerate the sales of V2H.

#### The 2nd Quadrant

If the price of petroleum becomes lower and the national income of Japan rises, EVs and PHEVs (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) will spread in 15 years. This is because the decrease of the price of petroleum means that electricity rates will decrease and the price of EVs will be lower, thanks to the improvement of technology. Then V2H and all-electric homes will spread because people can afford to refurbish their homes. In this situation, main energy will change from petroleum to electricity. Therefore, the emission of CO<sub>2</sub> will decrease and sustainability of society will be enhanced.

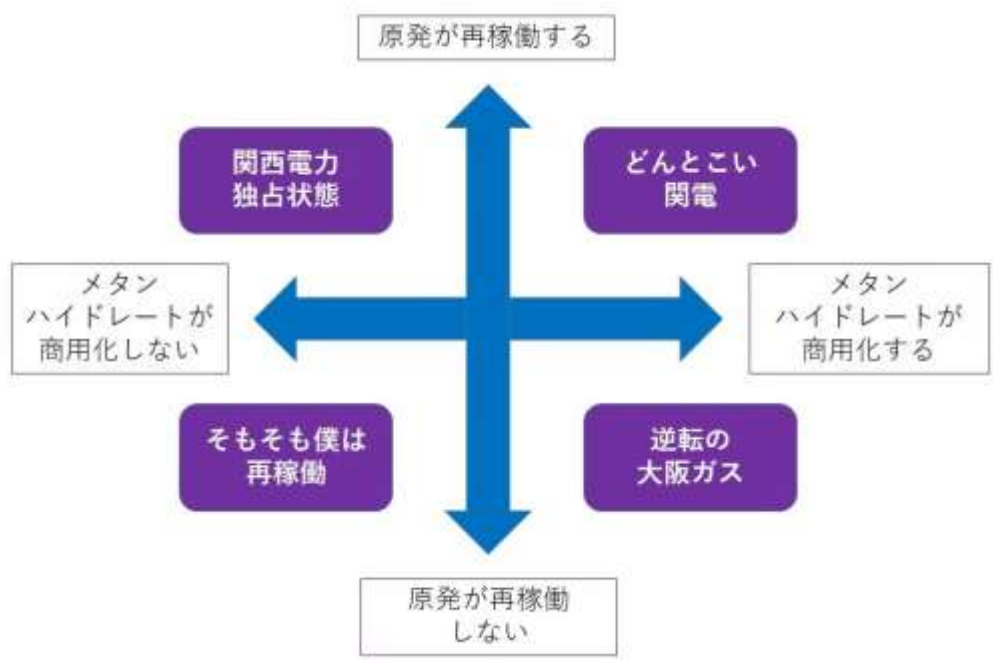
#### The 3rd Quadrant

In this quadrant, the price of petroleum falls and national income decreases. In this case, electric vehicles will spread, but V2H won't spread so much in 15 years. This is because the price of electric vehicles will become lower and lower, and most people won't be able to afford V2H. In this situation, electric vehicles will be unable to play their expected roles. Therefore, many attempts to utilize electric vehicles will be done by trying to apply V2X(Vehicles to Everything) to Japanese society. Although V2H will not spread easily, these attempts will help create the trend toward making electric vehicles utilized more in society.

#### The 4th Quadrant

In this quadrant, the price of petroleum rises and national income decreases. Due to the sharp rise in the price of petroleum, the price of gasoline rises and people have more interests in electric cars and hydrogen cars. However, under the circumstances where electricity rates have jumped and national income has decreased, few people can afford to buy these cars. Furthermore, research shows that only a small number of people without their own houses plan to own one. Besides, the percentage of unmarried people has been increasing. For these reasons, the number of people who don't have their own house increases, which will prevent V2H from spreading. In conclusion, although the spread of V2H is expected to a certain extent, it is less than that in the first and second quadrants.

第5班	
トピック	15年後の関西電力の電気料金
DF(トライビング・フォース)	「原発が再稼働する」「メタンハイドレートが商用化する」
SPトリックス模式図	注 <span style="background-color: purple; color: white; padding: 2px;">    </span> は、各象限の「シナリオ・タイトル」



①Topic

Electricity rates have a great impact on our lives, but now many factors, such as nuclear power plants, deregulation, and the development of new energy, affect electricity rates. This is why we focused on the future of Kansai Electric Power Company(KEPC), a leading electric company in Japan.

②Trends

Electric companies are most likely to regulate CO<sub>2</sub> emission, promote the deregulation of electric power industry, and face the decline in domestic electricity consumption.

③The Reason for Choosing the X Axis

Whether nuclear power plants will be restarted or not is quite uncertain because it depends on the public opinion and the results of the lawsuits. Restarting them will bring electric companies great profits that can completely change the market state.

④The Reason for Choosing the Y Axis

It is uncertain when the technology for mining methane hydrate around Japan will be developed, but if it becomes available, it will be an important energy source that makes it possible for us to become independent of Middle East and realize less CO<sub>2</sub> emission.

#### The 1st Quadrant

Before 2011, Kansai Electric Power Company (KEPC) depended on their nuclear power plants. However, now, due to the Great East Japan Earthquake, they have to depend on thermal power generation that costs more than nuclear power generation. In this quadrant, where the nuclear power plants are restarted and methane hydrate is commercially utilized, KEPC will be able to make a lot of profit, depending more on their nuclear power plants and combined cycle power generation. KEPC will reduce their electricity rates so that they can keep their customers. Besides, KEPC will take social situations and the Japanese market into account, and try to reinforce various kinds of business projects in order to make a greater profit.

#### The 2nd Quadrant

If KEPC can restart their nuclear power plants and methane hydrate around Japan is not available in 15 years, they cannot lower electricity rates greatly. In this case, new electric companies will have to use thermal power generation that costs more than nuclear power generation. On the other hand, KEPC can use their nuclear power plants, but they cost a lot to maintain because they have to prepare for an accident like Fukushima. Therefore, they will lower electric rates a little so as not to lose their customers and new electric companies will fall in a difficult financial situation. After 2031, KEPC will shift their thermal power generation to combined cycle power generation, and expand business, including telecommunications and international trade, to make a greater profit.

#### The 3rd Quadrant

If KEPC cannot restart their nuclear power plants (NPP) and methane hydrate around Japan is not available, KEPC have to cover the great cost of the maintenance of nuclear power plants and the fuel for thermal power generation. Therefore, electricity rates remain high and they will lose their customers. However, they will not give up restarting the NPP, which can make a huge profit. In order to make up for the cost, KEPC will expand its business abroad or enlarge the size of business other than electricity, such as gas, but the profit will not be enough to lower their electricity rates.

#### The 4th Quadrant

If nuclear power plants of KEPC are not restarted and methane hydrate around Japan is available, KEPC will be in a bad financial situation. This is because they do not have enough money to mine methane hydrate due to the maintenance cost for their nuclear power plants. Therefore, KEPC have to start new businesses in order to compete against Osaka Gas. If KEPC begin some new businesses, they can gain as much profit as Osaka Gas can. Therefore, the price competition will occur and electricity rates will go down.

第6班	
トピック	2030年における大阪府の交通システム
DF(ドライブング・フォース)	「IR(統合型リゾート)の誘致」 「再生可能エネルギーの普及率」
SPマトリックス模式図	注 <span style="background-color: purple; color: white; padding: 2px;">■</span> は、各象限の「シナリオ・タイトル」
<p>①Topic</p> <p>The reason why we have chosen this topic is that we think the transportation system will be more and more developed by the progress of science technology. Recently, the government of Osaka has been trying hard to host Integrated Resorts and increase the number of visitors from abroad.</p> <p>②Trends</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. The decrease in demand for gasoline</li> <li>2. The tendency for people to spend more money experiencing what they are interested in than buying things.</li> <li>3. The spread of automatic driving systems</li> </ol> <p>③The Reasons for Choosing the X Axis</p> <p>There are mainly two reasons why we chose whether or not the IR invitation is successful as the X axis. First, it is very uncertain whether or not it is successful. Second, tax revenues and the number of foreign people visiting Osaka will dramatically increase if the IR invitation is realized, which will have a great impact on the transportation system in Osaka.</p>	

#### ④The Reason for Choosing the Y Axis

The reason why we chose as the Y axis whether or not electric power generation by renewable resources accounts for 33% of gross generation is that it is very difficult to produce electricity by utilizing such resources because the climate is not suitable enough and the land is not large enough to do that. Therefore, it is very uncertain. It also has a great effect on the transportation system in Osaka because transportation systems are closely related to electricity and other energy.

#### The 1st Quadrant

Since renewable energy spreads, the way people commute and the way people visit Osaka will change. Besides, since the IR invitation project is successful, investments from various people, companies and local governments will increase. Therefore, local governments will cooperate with companies to provide various services that enable people, commodities, and money to flow smoothly.

#### The 2nd Quadrant

Since the IR project isn't successful, the number of people who come to Osaka will not increase as remarkably as is expected. In addition, different commercial facilities will be built at the place where the IR was expected to be established. In contrast, because of the wide spread of renewable energy sources, we will be more conscious of the significance of protecting the environment. Therefore, nongovernmental efforts, such as introducing the car sharing system or using electric cars, will be made.

#### The 3rd Quadrant

Since the IR project is not successful, the government of Osaka must build other large commercial facilities. However, the number of people who visit Osaka has not increased dramatically. In addition, since renewable energy is not popular, the transportation system of Osaka will not change so much, and the number of HVs (Hybrid Vehicle) and other eco-friendly cars will remain the same as now.

#### The 4th Quadrant

New facilities and a new public transportation system will be introduced because the success of the IR invitation will raise the number of people who visit Osaka. However, renewable energy has not spread in society, so the number of trains, electric cars, and so on, which depend on electricity, will not increase. Therefore, it is thought to be important to figure out how to increase the number of passengers who use the public transportation system. As a result, the convenience of the public transportation will be regarded as more important than the preservation of the environment.

第7班	
トピック	2030年に完全自動運転車は販売されるのだろうか？
DF(ドライビング・フォース)	「高齢者の事故件数が減ったかどうか」 「消費者態度指数が2017年3月より上がるかどうか」
SPマトリックス模式図	注 <span style="background-color: #4b0082; color: white; padding: 2px;">■</span> は、各象限の「シナリオ・タイトル」
<p>①Topic</p> <p>Many car companies have announced that they will start selling Level 3 SDCs (Self-Driving Car) in 2020. A Level 3 SDC is a car that handles all the driving by itself though a person must be in the driving seat in case an accident might happen. The car companies have been trying to produce Level 4 SDCs, which autonomously drive themselves without any assistance of humans. The realization of such cars will greatly change our way of living and working. This is why we have chosen this topic.</p> <p>②Trends</p> <p>1)In 2014, TOYOTA started to collaborate with PFN, a company that does research and development on the technology of AI, and they have been improving AI technology since then. They have already succeeded in enabling AI to learn by itself. This technology will be introduced to producing SDCs.</p> <p>2)The system called “OTA”, which is a countermeasure against cyber-attacks, was already invented. In addition, some other countermeasures are under development. These are the ones that AI will employ by itself without waiting for human directions when it comes under cyber-attacks.</p> <p>③The Reason for Choosing the X Axis</p> <p>We set “Whether or not the number of traffic accidents caused by elderly people will be smaller than that in 2016” as the horizontal axis. This number is closely related to the safety of Level 3 SDCs, and as a result, it will have a huge impact on whether Level 4 SDCs will be sold or not. This number shows how greatly advanced Level 3 SDCs will be and nobody is sure about how quickly SDCs will develop.</p>	

#### ④The Reason for Choosing the Y Axis

We set “Whether or not consumer confidence index will be better than that in 2017” as the vertical axis. It is affected by the economy and strong economy provides car companies with a lot of money to develop Level 4 SDCs and the index can be said to show how much people want to purchase them. At the same time, nobody can tell whether the economy will get better or worse.

#### The 1st Quadrant

In the 1<sup>st</sup> quadrant, the consumer confidence index is higher than that in 2017 and the number of traffic accidents caused by elderly people is smaller than that in 2016. People will want to buy SDCs and the Japanese government and other companies invest more in developing SDCs. This is because people have a decent income and people trust SDCs. The small number of accidents means the spread of Level 3 SDCs, and it will inspire car companies to develop Level 4 SDCs.

#### The 2nd Quadrant

In the second quadrant, the consumer confidence index is good and the number of accidents caused by elderly people is large. The large number of accidents means that there are many errors in the systems of Level 3 SDCs, so consumers have lost trust in Level 3 SDCs. However, it is thought that Level 1 and 2 SDCs will have been proved to be safe, so some people purchase these SDCs since they can afford them. Others wait for Level 3 SDCs to be improved. In such a situation, business results of car companies are worse than those in the 1st quadrant, but they are expected to be better than those in the 3rd and 4th quadrants. Therefore, car companies have enough funds and try very hard to improve Level 3 SDCs.

#### The 3rd Quadrant

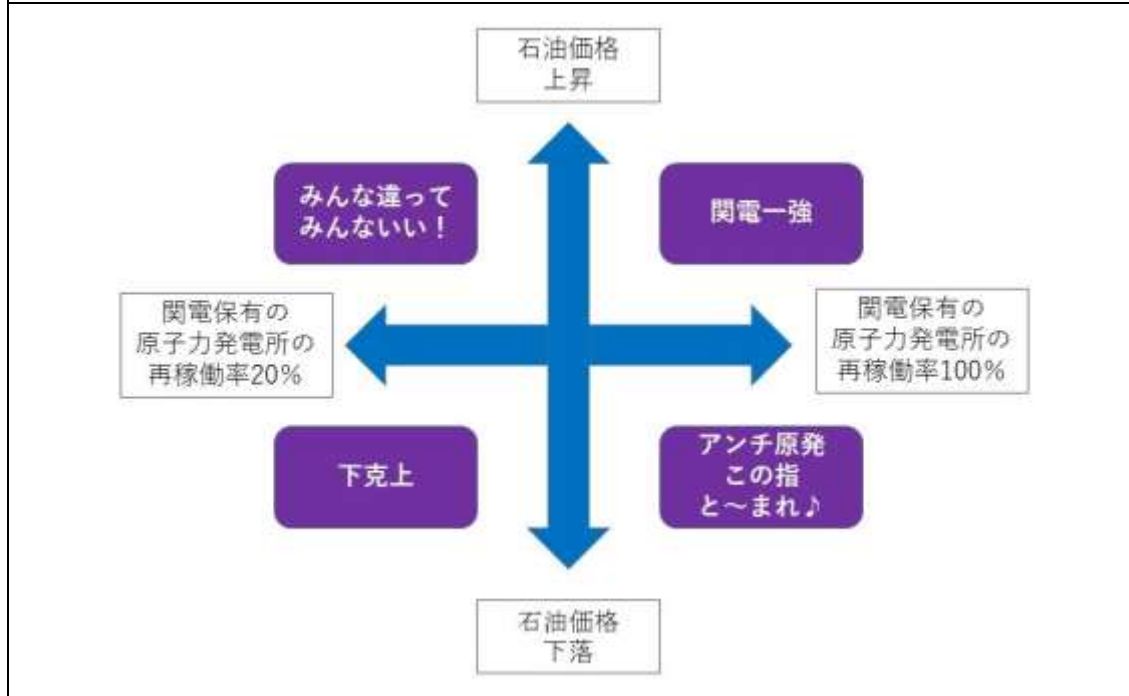
In this quadrant, people have lost trust in Level 3 SDCs because of the large number of accidents caused by elderly people who use them. Car companies try to improve them, but due to weak economy, they have to reduce their work force or make their businesses smaller to have enough funds. They also try to sell Level 1 and 2 SDCs again. It takes a lot of time to improve Level 3 SDCs and the development of Level 4 SDCs will not easily be realized.

#### The 4th Quadrant

In this quadrant, the consumer confidence index is low and the number of accident caused by elderly people is small. Car companies try to develop Level 4 SDCs. However, since the economy is slowing down, it is difficult to have enough money to develop them. At the same time, the trust in Level 3 SDCs makes it possible for companies to get a loan from banks and the subsidy from the government to develop Level 4 SDCs. In such a situation, even if Level 4 SDCs are developed, their price will be high. In conclusion, car companies make an effort to sell Level 3 SDCs and wait until the economy becomes strong and Level 4 SDCs are likely to be sold.



第 8 班	
トピック	2030 年度の大阪ガスの関西圏での家庭電力におけるシェア
DF (ドラインング・フォース)	「石油価格の上昇・下降」「関電保有の原子力発電所の再稼働率」
SP マトリックス模式図	注 <span style="background-color: purple; color: white; padding: 2px;">■</span> は、各象限の「シナリオ・タイトル」



①Topic  
 We focused on how much electricity rates will be when we become 30 years old. Sales share has a great impact on them, and Osaka Gas Co.(OGC) has been competing with Kansai Electric Power Co.(KEPC). This is why it would be interesting to think about the share of OGC in Kansai area.

②Trends  
 Liberalization of electricity retailing, which started in April, 2016, will make the competition among many power companies so intense, and the yield and distribution of shale gas affect the price of Liquefied Natural Gas(LNG).

③The Reason for Choosing the X Axis  
 The re-operation of nuclear power plants reduces electricity rates and affects other companies, so its impact is big. Judiciary decisions, economy and politics affect the re-operation of nuclear power plants, so its uncertainty is high.

④The Reason for Choosing the Y Axis  
 Since the rate of thermal power generation of OGC is quite high (90%), the swing of the petroleum price will greatly affect its electricity rates. In addition, it is very difficult to predict how much shale gas will be imported and how the situation of the Middle East will change.

#### The 1<sup>st</sup> Quadrant

In this quadrant, KEPC has flourished among other companies because it has many nuclear power plants and lowers its electricity rates. OGC struggles to lower its electricity rates and depends more on shale gas, which is relatively inexpensive. At the same time, OGC makes campaigns against nuclear power plants. However, the effect of the high price of petroleum is so great that OGC cannot compete with KEPC. The same is true of other companies. Giving up competing with KEPC, OGC tries to provide other services like “EneFarm” and carries out overseas business projects. In conclusion, the share of OGC in Kansai area will increase only slightly.

#### The 2nd Quadrant

When the price of petroleum goes up and the nuclear power operation rate is 20%, it is difficult for all companies to lower their electricity rates. KEPC has a hard time because their nuclear power plants cost a lot for maintenance. In this situation, OGC and other companies tie up with one another, and OGC, cooperating with Tokyo Gas Co., tries to buy LNG and shale gas at a low price. OGC also tries to appeal to its customers with its unique plans, such as “EneFarm.” Other companies, too, appeal to consumers with their own plans. Considering these conditions, OGC will increase its share, but it has to prepare for the time when nuclear power plants of KEPC are started again.

#### The 3rd Quadrant

In this quadrant, the price of petroleum is low, so electric companies, including OGC, lower their electricity rates. OGC provides the “all electric house plan”, and KEPC tries to provide a similar plan, but it cannot. This is because KEPC has to spend a lot of money on the maintenance of their nuclear power plants. On the other hand, the Japanese government will take various policies to reduce CO<sub>2</sub>, which encourages electric companies to develop power generation systems by renewables. In this way, while KEPC has a hard time keeping their customers, OGC and other companies prosper. In conclusion, OGC will increase its share considerably.

#### The 4th Quadrant

When all the nuclear power plants KEPC possesses are restarted and the price of petroleum has dropped, it can supply electricity at a very low price and have a large share. As for OGC and other companies, they try to compete with KEPC, providing their own plans, such as “EneFarm”, thanks to the low price of petroleum. They also cooperate with each other to make campaigns against nuclear power plants. However, in such a situation, it is very difficult for them to acquire new customers and KEPC keeps its customers. In conclusion, OGC may be able to increase its share because of its unique plans, but the increase is very limited.





# 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。

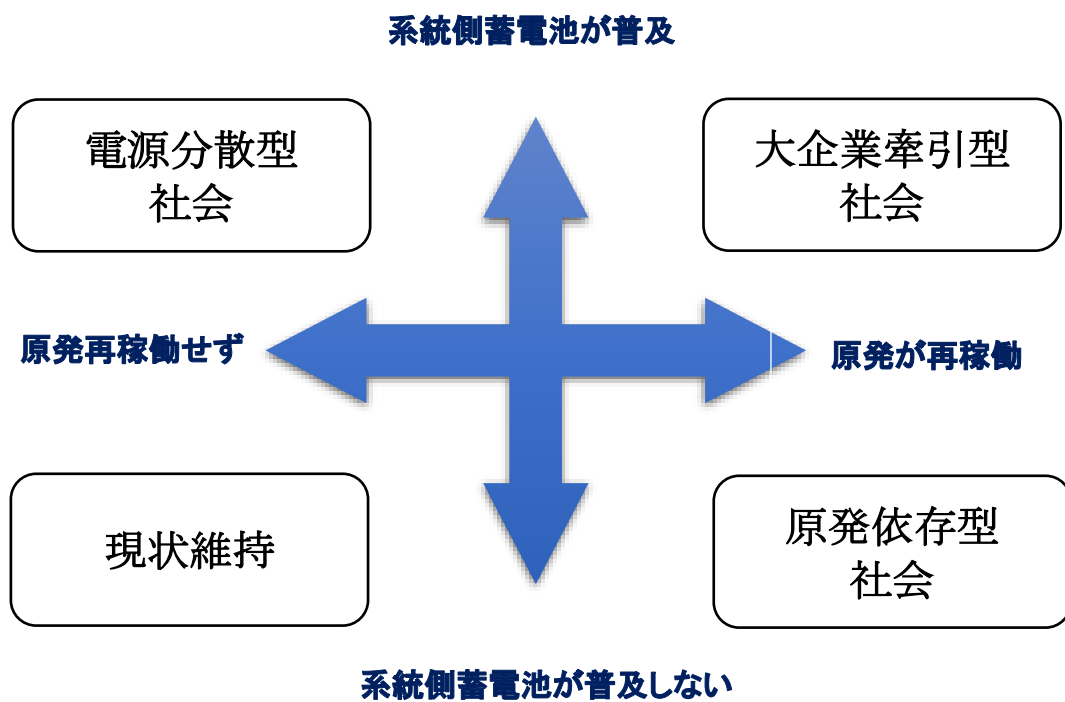
#### 第4象限 「原子力発電所が再稼働し、系統側蓄電池が普及しない場合」

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。

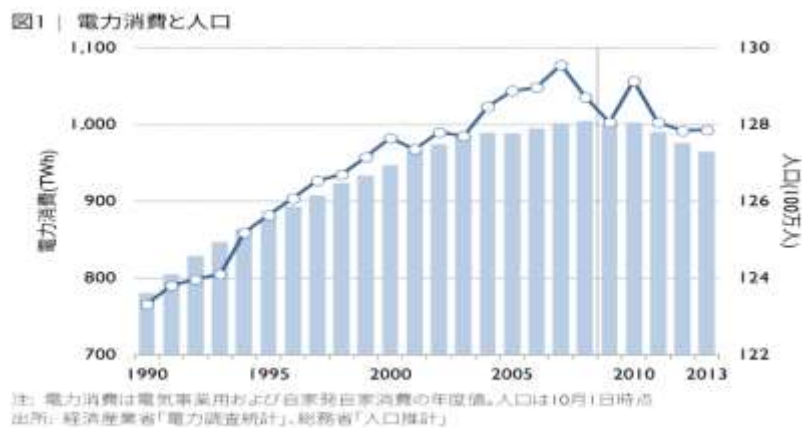
現在日本は、2030 年に 2013 年と比べて温室効果ガスの排出を 26%まで削減するという目標を国連に提出し、パリ協定の採択によって正式に国際公約となっている。削減の義務や罰則はないものの 2 年に 1 回国際機関の審査を受けなくてはならない。パリ協定に加盟している日本を始めとする各国政府は温室効果ガスの排出削減目標に向けて真剣に取り組むだろう。\*10

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。

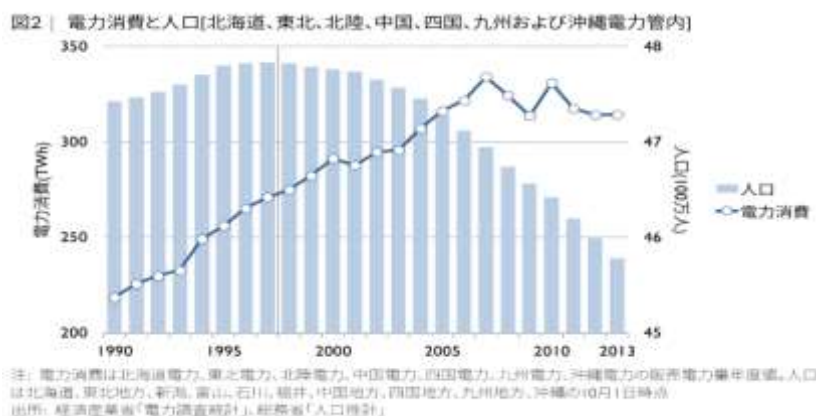
そして再生可能エネルギーの普及率が高まると、不安定な電力供給を管理するためにスマートグリッドの必要性が生まれるのである。

## 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。

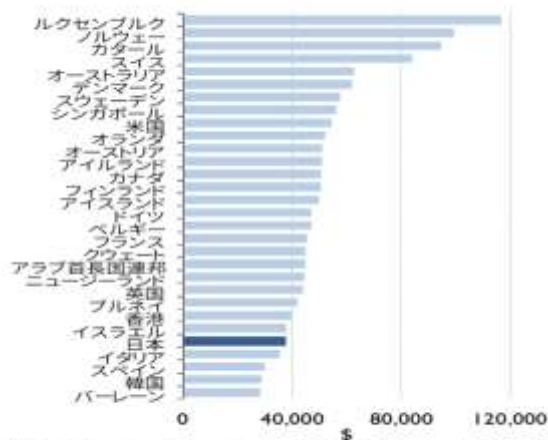


また、一般電気事業者のうち東京、中部、関西電力を除いた 7 つの会社(北海道、東北、北陸、中国、四国、九州、沖縄)の管内では図 2\*12 のように 1999 年からすでに人口は減少し始めているのだが、電力消費量の減少が始まるのは 2009 年、リーマンショックの後からである。そして 2009 年は世界全体で第二次世界大戦後始めて電力消費量が減少した年でもある\*13。



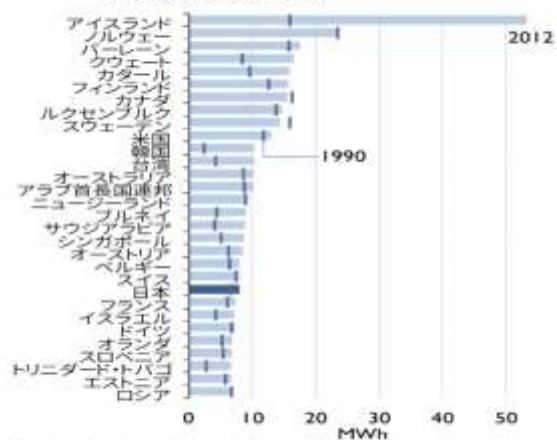
一人当たりの GDP と電力消費量の関係は、図 3, 図 4 のようになるが、おおむね上位 30 か国は両方に入ることが多く、GDP と電力消費量には多少の相関があるといえる\*14, \*15。また、図 2, 図 5 を比較して人口変動、及び、GDP と電力消費量との相関を見ると、GDP との相関の方がよいこともわかる。

図3 | 上位30国の1人あたりGDP (2014年)



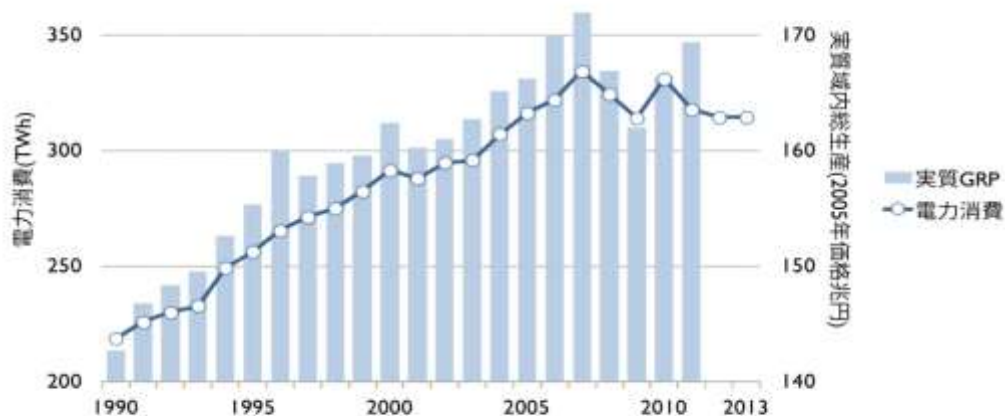
出所: International Monetary Fund "World Economic Outlook, October 2014"

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。

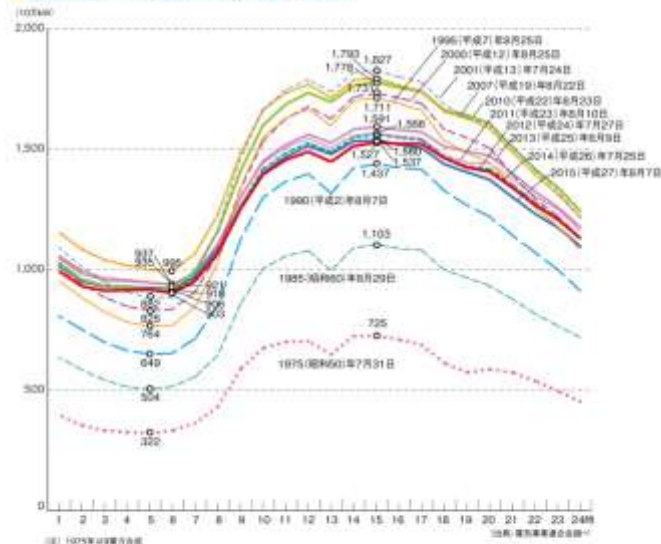
電気を貯められるようになることは最大電力需要量に合わせた発電設備を持つ必要がなくなることを意味する。電気事業連合会によると、ピークとボトムには電力需要に約2倍の格差があり、電力事業者はピークの電力需要を賄えるだけの設備を維持しなければならないため、ボトム時には稼働率が大きく低下してしまう。(上のグラフを参照)系統側蓄電池が導入されれば電力需要の波を平準化できる。そして余分な設備を保持する必要もなく、稼働率の低下も防ぐことができるためコストの低下が実現できる。これらのコストの低下は電気料金の上昇を防ぐことができ、スマートグリッドの目標達成にもつながる。

## 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)



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直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消費者の選択権や事業者の事業機会の拡大を、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、電気事業の類型を見直し、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】

**C. 消費者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、消費者保護のための規制(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。

**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(ラッシュ時)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3条、第5条、第18条】

2. 小売電気事業者による措置

- 需要を満たすために必要な供給力を確保することを義務付け(空売規制)【第2条の13】

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】

**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/)

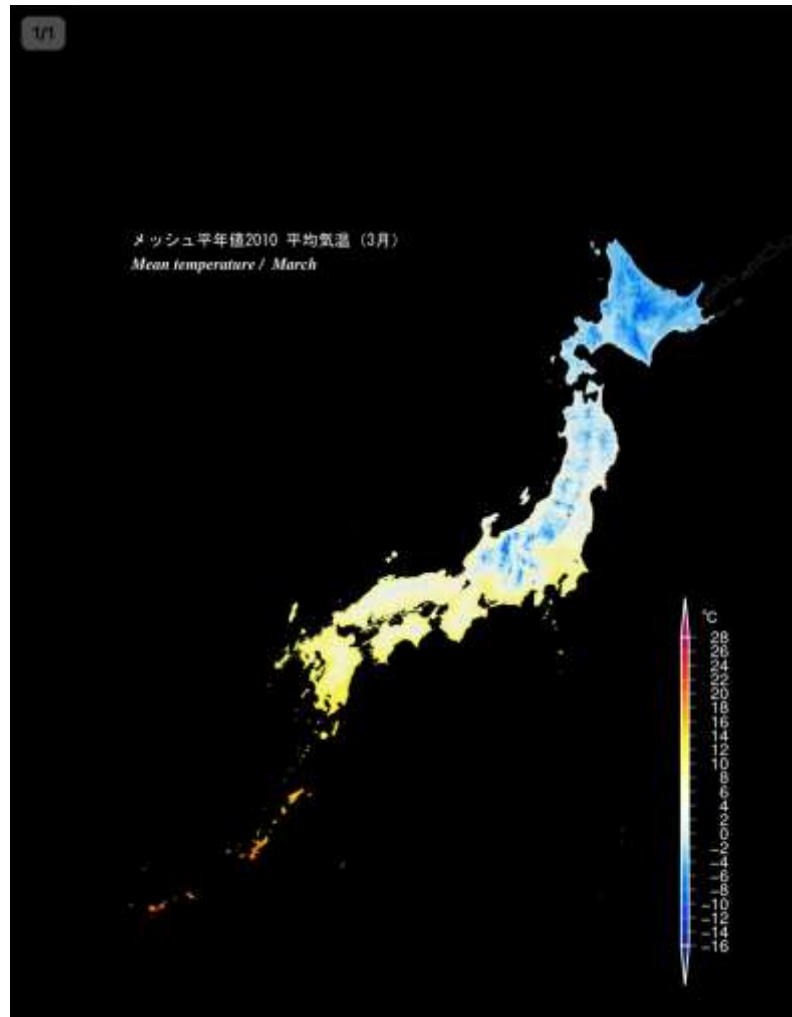
\*3 「電気事業法等の一部を改正する等の法律」(平成 27 年 6 月 17 日成立) について  
自由民主党資料

[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再稼働しているため、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象限では原発が再稼働しないので、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、電気料金は原発が再稼働するときに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。

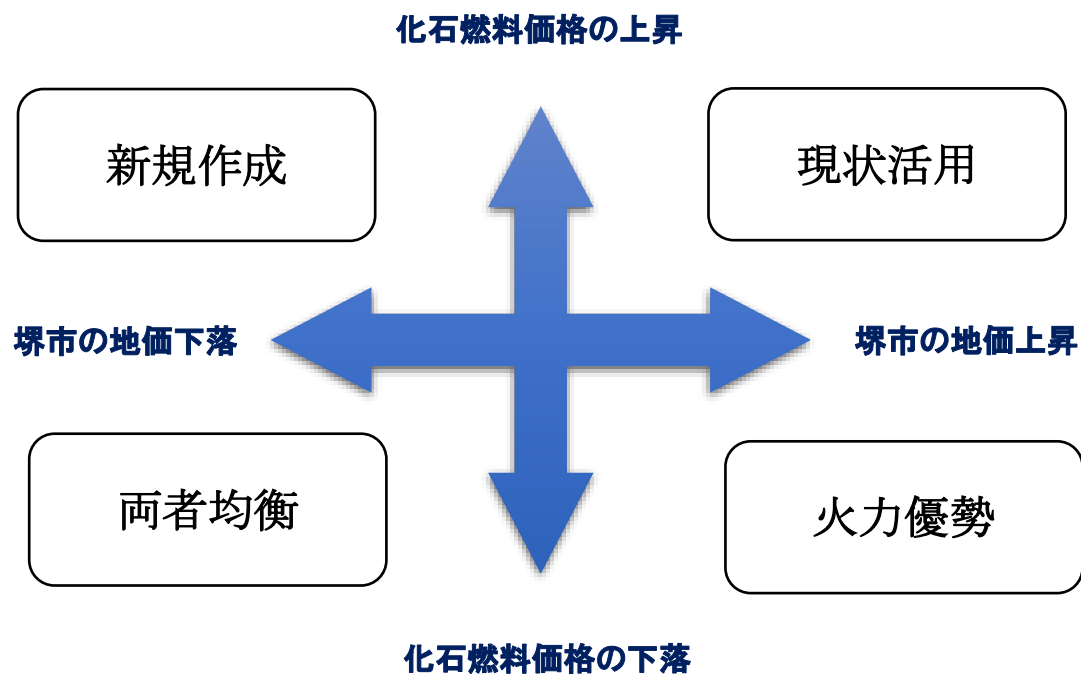
#### 第四象限(化石燃料価格が下落し、住宅用地価が上昇する場合)の概要

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。

xii 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。

xiii 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。

xiiii 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。

xv 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。

xvi 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。

xvii 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

xviii 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

xix 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。

xx 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>

xxi 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/hoopen131129.pdf](http://www.city.sakai.lg.jp/shisei/gyosei/shishin/kankyo/ondanka/energy_policy.files/hoopen131129.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こうと思われよう。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>





# 第Ⅳ章

高校生向け学習教材としてのシリオ・プランング

～清風南海高校の SGH 構想～



- 1 グローバル・リーダー像
- 2 思考への誘い
- 3 三つの“じゃない”
- 4 課題発見能力育成の困難
- 5 シナリオ・プランニングとは
- 6 シナリオ・プランニングを支える取り組み
- 7 シナリオ・プランニングの進め方
- 8 高校生にシナリオ・プランニングを教えることの意義
- 9 卒業作品集の構成

## 高校生向け学習教材としてのシナリオ・プランニング ～清風南海高校の SGH 構想～

SGH プロジェクトチーム 戸原克明

### 【1 グローバル・リーダー像】

スーパーグローバルハイスクール（以下 SGH）構想とは、文部科学省によって平成 26 年から始められた、新たな教育課程の研究開発の委託事業である。「研究開発」と言うと生徒を実験台にしているようで聞こえが悪いようにも思われるが、新たな試みがリスクばかりで、古い体制の踏襲はノーリスクだという法もなかろう。2020 年の教育改革も同じ危機感から進められているのであろうが、少子化と情報化が進む現代において、人工知能で代替できないような人材の育成に取り組むことは喫緊の課題とされている。文科省の謳うところの目標はもっと大きく、「グローバル・リーダーの育成」である。では、いかなる人物が「グローバル・リーダー」なのかと言えば、それは高校側で考えて設定しろという。ここにこのプロジェクトが孕む根本的な困難さがあると言える。

指定を受けたい高校は、いかなる教育課程を作ろうとしているのかを調書にまとめて審査を受けねばならない。本校では 27 年度からの認可を受けるべく、プロジェクトチームが設立された。最初に直面した問題が、このあまりにも漠然とした「グローバル・リーダー」像の定義である。

この数年で大分と世界も変化したが、その中で「グローバリゼーション」という語の持つ輝きは随分と色あせた。世界が狭くなっているのは揺るぎない事実であるとしても、狭くなるほどに互いのアラが見え始めるというのも道理である。政治はむしろナショナルな単位で動くようになり、「グローバル」は今では主に経済面に限定した概念として扱われるようになっている。しかし、プロジェクトチーム発足当時はまだキラキラと輝いていたもので、反面、まぶしすぎてその輪郭が掴みにくかった。「インターナショナル」との違い等々、原義から議論を重ねたが、結局、「地球規模の視野を持つ」という程度に定義することしか出来なかった。とはいえこうした議論の流れから、特定の国との交流を重視するという、単に「インターナショナル」なスタイルは本校の構想から外れることとなった。

本校でこだわったのは、むしろ後者の「リーダー」の方である。こちらも原義から議論を重ね、最終的には「リーダー」＝「リードする者」＝「導く者」と定義づけた。導くために必要となるのは、カリスマ性でもなんでもなく、なによりもまず「導く先のヴィジョン」である。どこに導こうとしているのかも分からないのではリードする資格はない。ただし、見えているだけでも導くことはできない。他者に影響を与え、率いるための力は必要である。以上の考察により、本校ではグローバル・リーダーを「地球規模の視野を持って世界のあり得べき未来図を描き、社会をより良い方向に導いていく人材」と定義した。

冒頭で「困難」と述べたのは他でもない。各校がそれぞれこの漠然とした課題に対する答えを各々に提示したため、SGH が始まって 4 年になるが、未だ目指すべきグローバル・リーダー像に統一見解は出来ていない。集束する兆しもない。結果、何か新しいことをしているだけで何をし

ているのかはよく分からない、という誹りを免れるのが難しいのである。ともあれ、熟考を重ねた本校の定義は、理屈の上では正統派と言えよう。その正統派の目標を、どう教育課程に落とし込むかが次の課題となる。

## 【2 思考への誘い】

目標であるグローバル・リーダー像は漠然としていたものの、そこに行き着くまでの方途については文科省ももう少し具体的に指示を出している。「探究型の学習」「国外での活動」「大学・企業との連携」等である。とはいえ、どれも聞こえや見栄えは良いものの、手放しにそれらを導入することには抵抗を感じる。なぜか。それは、我々教員が「高校生は特殊な経験をしただけでは成長できない」ということを経験的に知っており、これらの方途の有用性を短絡的に信用することができないからである。

体験は、体験単体では意味を持たない。どんな希有な体験も、「したこと自慢」に終始しては意味がない。その体験を昇華すべく思考することによって、初めて血となり肉となる。そして、その思考への誘いが何より難しい。それらしい体験を企画することはいくらでも出来るが、放っておけば生徒は「楽しかった」で済ませてしまう。しかし、「ああいったことを学べ」「こういったことを考えろ」と指導した時点で、それは既に生徒の気づきではあり得ず、成長の萌芽をむざむざと刈り取ることになってしまう。

結局、この難問は、バランスの問題という答えに帰結せざるを得ない。個々の生徒の様子を観察しながら、教えすぎないように気をつけて、考えさせるしかない。教えることを生業とする教師にとって、これはなかなか厳しい注文である。つつい先回りしてしゃべってしまいそうになる。どこまでを我慢し、どこまでを話すか。その目安を、教育課程の体系化の中で作りださねばならない。また、個々の生徒の理解を把握するには、尋常でない観察力が必要となる。探究型学習における思考は、教科学習とは違って方向性がばらばらである。教員側も指導に慣れてはいない。限られたマンパワーをどう配分するか。SGHに関わる教員の体制も、重要な検討事項であった。

ただ、この難問に対して、根本的な解決には至らないまでも、補助的な効果を生じさせる術はある。体験型プログラムをアラカルトで提示されているのは、生徒達も自力で昇華するのは難しい。ならば、カリキュラムの大きな主軸をまず提示し、付随する個々のプログラムの関係性を明確化し、何のための体験プログラムなのかを分かりやすいようにしてやれば良い。

本校では「論理的思考力の育成」を構想の主軸に据えた。そして、それを先述の「地球規模の視野を持って世界のあり得べき未来図を描き、社会をより良い方向に導いていく人材」というグローバル・リーダー像に照らし、「未来を読み解く力」と、「世界に発信する力」に置き換えた。論理的思考力をインプットに用いる場合と、アウトプットに用いる場合に分けたのである。

「課題発見能力」や「多様性の受容力」「コミュニケーション能力」等々、SGH 構想において育成を期待されるものとして挙げられた能力も、もちろん無視できないが、「探究型の学習」「国外での活動」「大学・企業との連携」が即その育成に結びつくとは思えない。優先順位として筆頭に上がるのは、昇華する能力、すなわち「論理的思考力」ではないかと考えたのである。これには本校独自の特色も関係する。



### 【3 三つの“じゃない”】

本校は関西屈指の私学の進学校である。しかも、仏教を教育の柱に据えた、かなり硬派な進学校である。毎年 50 名前後が現役で東大や京大、国公立の医学部医学科に進学する。一方、毎朝、朝礼時には般若心経を読経し、毎月、整髪検査を行い、毎年、必ず寺社へ修養行事に赴いて、学業に勤しむに相応しい心身を育んできた。反面、従来型の受験指導に適した授業展開をしており、数年前までは一般的な文化祭も行われていなかった。必然、そうした風土は生徒にも影響を及ぼす。全体として、英語学習においては「話す」能力が未成熟であったし、主体性は低く、進路についても保守的なキャリア志向が見られた。

そんな本校が SGH に名乗りを上げた訳であるから、これは非常に大きな改革である。これまでに培ってきたものが大きいからこそ、それを変革するのは困難である。来る大学入試制度改革や、社会全体の変化を鑑みれば、変革が不可欠なのは自明だとはいえ、何をしているのかよく分からないような構想ならばリスクがリターンを上回ってしまう。実績のある進学校として、地に足のついた取り組みを考える際、輪郭を鮮明にするために、3つの“じゃない”を設定することから始めた。

#### 《① “推薦入試狙い” じゃない》

標題に誤解のないよう言葉を足せば、「推薦入試しか狙えないような生徒の育成はしない」ということであり、つまり「従来型の入試制度でも十分に対応できるだけの学力を担保した上で、更なる力の獲得を目指す」ということである。スーパーグローバルユニバーシティ（SGU）を中心に、様々な推薦入試やAO入試が整備されつつあるが、学科試験と違って、どうしても評価基準は不鮮明である。そもそもの基礎学力が高い本校の生徒であれば、従来型の受験に重点を置く方が志望大学への合格可能性は高い。生徒の将来を考えて、学力の低下を防ぐというのは絶対原則であった。

とはいえ、後期試験の廃止が続く中、秋出願でチャンスの増える推薦入試は魅力的である。SGH の活動による成長を受験に活かしたいという申し出が生徒からあった際には、積極的に支援している。培ってきた思考力や表現力を活かし、受験勉強と両立することができている。

#### 《② “英語偏重” じゃない》

もちろん、英語学習に特化して海外体験を充実させ、時間をかけて思考させ昇華することで、生徒の視野を開かせる、という取り組みにも十分に意味はあると考える。しかし、限られた予算と時間の中で、対象生徒全員にそのような活動をさせるのは不可能であり、そうである以上、波及可能な新しい教育課程の研究開発の委託という SGH の趣旨に反してしまうと言えよう。また、平成 27 年度より始まった「トビタテ留学ジャパン」に代表される、外部の留学制度にエントリーすれば、自主的な海外体験が可能な時代にもなっている（「トビタテ留学ジャパン」については、本校からは 3 年間で 30 名近い生徒が合格して、海外体験をしている）。こうした制度を活用できるだけの素地を作ることにこそ、意味があると考えた。加えて言えば、本校生は、「話す」能力が未成熟だとはいえ、そもそもの英語の学力は比較的高い。従って、英語はあくまでツールとして使用するものと置いた上で、メインとなるプログラムを考える必要があった。

#### 《③ “スペシャリスト育成” じゃない》

これは、根本に、スーパーサイエンスハイスクール（以下 SSH）との比較がある。SSH は理系

のスペシャリストを育成するための制度である。対して、SGH に関しては原則、文理の別は設けられていない。グローバル・リーダーに文系も理系もない、ということなのであろう。とはいえあくまで原則であり、他の指定校を見ても、明らかに文系用の教育課程を用意しているところが多いように見受けられる。SSH と SGH、両方の指定を受けている高校も多くある中では、当然の棲み分けと言えよう。しかし、変革を始めたばかりの本校は SSH の指定を受けていない。一方、例年、理系を志望する生徒は、文系を志望する生徒の 2 倍程度にもなる。ゆえに、本校では、文系と理系、両方の生徒を SGH の枠組みの中で育成するカリキュラムの作成が必要であった。そのためには、文理の枝分かれをする以前の、もっと根源的な知識や知恵の習得が求められる。先述（【Ⅱ】）のように、「論理的思考力」が構想の主軸となったのはこのためである。本校では文理を問わないジェネラリストの育成を目指すこととした。

本来、直接的にジェネラリストを育成するのは難しい。あらゆる分野で知識が不足している高校生にとって、広く浅く学習を進めるといえるのは、結局何も身につかないことになりかねない。また、指導する教員の問題もある。学校の教員は基本的にスペシャリストである。特に、私学の進学校である本校においては、専門的な知識に秀でた教員が多い。逆に、ビジネスの場で活躍するようなジェネラリストのモデルケースに、指導者たる教員達が接する機会は少ない。どんな人物を目指して育成していけば良いのか、ヴィジョンを持つのが難しいのである。

そう考えれば、高校生なりのスペシャリストを目指して一点突破を試みて、そこから横へと広げていくというやり方が定石なのかもしれない。実際、他の SGH 指定校の構想を読み解くと、大半がそういったスタイルである。しかし、文理混在する生徒を対象とする本校にあって、例えば経済のスペシャリストや、アジアの特定の発展途上国のスペシャリストを育成するカリキュラムは、大半の生徒のニーズに合致しない。高校生活が、彼らのその後の人生に与える影響の大きさを鑑みれば、なんとかして汎用性の高いカリキュラムを作るべきだと考えた。

以上が 3 つの“じゃない”である。

構想の輪郭は大分鮮明になったものの、カリキュラムを作る難度は飛躍的に上がってしまった。SGH の取り組みとして一般に想起されるのは、従来の詰め込み学習とは一線を画し、英語教育に注力して海外活動を増やし、調べ学習を重ねてスペシャリストを育成する、という分かりやすいパターンであろう。大半が作業であるからどんどん進めていけるし、蓄積すれば目に見えて成果も出る。生徒のモチベーションも上げやすい。一方、本校が目指すと決めた構想は、これの完全に裏返しになったわけである。

それでもこの構想を推し進めようという判断が出来たのは、生徒の能力に対する信頼という後ろ盾があったればこそである。本校の生徒ならば、難しい課題であっても頑張っ取り組み、成長してくれるという信頼があった。また、同時に、各校が特色を出して研究開発をするという SGH の趣旨から言えば、本校の一番の特色は、地域性より何より、生徒の学力の高さであると言える。ならば、他の指定校にはまだ無いような、本校だからこそ出来る、難度の高いカリキュラムを作成せねばならない、という使命感もあった。研究開発の委託である以上、本校でしか通用しないようなカリキュラムを作成しても仕方が無いが、逆に、全ての高校で一律に使えるカリキュラムというのは現実味がない。一定以上の学力層の生徒に対して優れた効果を発揮するようなカリキュラムを求めたのである。

このようにして、本校では“進学校型 SGH”を目指すこととなったが、汎用性を高めるために次に考えねばならなかったのが、具体的な「課題発見能力」の育成方法についてであった。

#### 【4 課題発見能力育成の困難】

SGH の取り組みには、探究学習型の課題研究が不可欠である。従来の講義を聞くだけという消極的な授業スタイルではなく、授業に対して積極的に生徒が働きかけるスタイルを作らなければならない。そして、その中で問題解決能力、課題発見能力を育成することが求められている。

では、課題発見能力はいかにして育成すれば良いのだろうか？

確かに、面白いテーマを設定した研究は、それだけで興味深い。だが、そのテーマの面白さとは、着眼点の面白さである。言ってみれば生徒が生み出した発問が、教師の予想の上をいっているからこそ面白いのである。想定範囲を超えるようなものを生み出すように指導するなどという一種逆説的とも言える試みを可能にするためには、どうすれば良いか。個々の生徒に張り付いて、思考をトレースしながら誘導していく以外に方法はない。一緒になって思考を進めて、長年の経験に即しておかしな方向へ逸れそうな時には是正し、互いに満足のいくテーマにたどり着くまで誘導を続けるのである。

しかし、これには致命的な欠陥がある。手間暇を大いにかけるこの方法を実践するには、単純に人手が足りないのである。本校では 80 名定員のグローバルコース生に対して、週 2 時間の総合的な学習の時間の授業に 8 名前後の教員があたっている。3 学年揃えば 24 名である。他の指定校と比べても充実した体制を構築していると思われるが、それでもこの方法を採用するには手が足りない。1 教員あたり 5 名程度の生徒を見るのであれば、なんとかなるかもしれないが、全員が通常教科の指導も行っており、時間割的にもこれ以上人手を増やすのは不可能である。そして、何度も述べているように、SGH が研究開発の委託である以上、他校に普及できないような極端な体制を作るのは趣旨に反する。

議論を重ねた結果、たどり着いた結論は「トピックの型の限定」であった（ここで言うトピックとは、一般的な用語としてのものであり、後述《【VII】－①》のものとは分ける）。

課題研究のトピックも発問である以上、疑問文で構成される。例えば、最も一般的な「〇〇について」というトピックは、“What” で始まる疑問文と置き換えられる。最も初歩的な問題提起である。調べ学習を繰り返せば一通りの形にはなるが、専門知識に欠ける高校生がまとめたところで、Wikipedia の劣化版にしかならない。見てもやってもあまり面白くないし、論理的思考力を育成しているという感じはしない。また、“Why” で始まる疑問文、つまり「〇〇なのはなぜか」というトピックは、着眼点次第で面白くなるが、方向性が分散されてしまい、上述のように教員側の人的コストが追いつかない。

結局、本校では、「〇〇の△△年後はどうなる」という型に課題研究のトピックを限定することに決まった。「〇〇」と「△△」に何を代入してもトピック自体がそれなりに興味深く、また、方向性もある程度集束するため、指導もやりやすい。そして何より、グローバル・リーダーの素養と捉え、本校の SGH 構想で育成すべき能力として挙げた「未来を読み解く力」とここで完全に繋がった。

このように書くと、全てがこの順に考えられたかのように見えるが、以上の議論が具体的な研究開発構想として結実したのは、「シナリオ・プランニング」という手法と出会ったからに他ならない。

## 【5 シナリオ・プランニングとは】

一旦、ここまでの話をまとめる。グローバル・リーダー育成のために、論理的思考力を主軸に「未来を読み解く力」と「世界に発信する力」の向上を図る。基礎学力を維持、出来ればより伸ばさせながら、英語をツールとして使いこなすジェネラリスト育成のために、未来をテーマとした課題研究を進める。以上が、本校のSGH構想の外枠として定まった。これらの要件に、奇跡的なまでに応えてくれたのが、シナリオ・プランニングである。

シナリオ・プランニングの起源は第二次世界大戦後のアメリカ空軍にある。その後、大企業、政府系組織などで、戦略立案の手法として用いられてきた。代表的な例としては、ロイヤル・ダッチ・シェル社が、これを用いてオイルショックを乗り切ったという事例や、アパルトヘイト後の南アフリカにおいて、混乱の中で新体制を樹立するのに役立てられた事例が有名である。

最も誤解を招きやすく、それゆえ特筆すべき点は、これがあたかも水晶玉に映し出すように特定の未来を予測するといった手合いのものではないということである。詳しい手法については後述（Ⅶ）するが、同程度に起こりうる複数の未来像を、因果関係をつなげて描きあげていくというところに、その本質がある。その時点に至った時に、描いた像とディテールが異なっていたとしても、何も問題ではない。思考の過程で、客観的に状況を分析し、論理的に因果関係を紡ぐという行為そのものが、恣意的な観測を戒め、「想定外」と言われるような事態を減らすという形で、リスクヘッジとなるのである。

これは、先述の「論理的思考力の育成に主軸を置く」という本校のSGH構想の要件にぴったり合致するだけでなく、高校生に与えるメソッドとして、秀逸なものであると思われた。

概して、高校生は、知識も経験も少ないがゆえに、ものの見方が一面的である。国際的な問題から日常生活まで自分の立脚する「イマ・ココ」という地点から見えるものだけに縛られたままで、「ああすれば良いのに」「こうすれば解決できるのに」と主観的、直感的な判断をしやすい。

しかし、現実はずっと多面的で、そして全て合理的である（少なくともその時点でのパワーバランスは釣り合っている）。解決に至らないあらゆる問題は、違う方向からの（時には複数の）ベクトルが働いているが故に、未解決なのである。理想主義的な精神論を語ることは若者の特権であるとはいえ、逆サイドの視点を放棄してしまえば、現実的な解決には到達しえない。グローバル・リーダーたる者、現実を客観的に分析する姿勢は不可欠であろう。

シナリオ・プランニングは様々なバイアスを排除し、現実を赤裸々にさらけ出す。無手勝流な未来予測は、いわば妄想のようなものになりがちであり、希望的観測に溢れ、見たくないものを排除してしまう。そうしたバイアスを退け、現実を直視することが出来るようになるところに、この手法の教育上の最大の意義がある。

現実を直視させられるというのは、高校生にとっては厳し過ぎる試練になるかもしれない。同時に、教員にとっても厳しく辛い指導になるかもしれない。しかし、逆にそれは、これまで甘い理想論を語ることを無条件に是認し過ぎていたということであろう。選挙権をも持ち得る現代の高校生に、現実を多角的に見る視点を与えることは、非常に価値のあることだと考えた。

## 【6 シナリオ・プランニングを支える取り組み】

さて、シナリオ・プランニング（以下、SP）の具体的な手法を記述する前に、それを支える本校の取り組みを紹介しておく。本来 SP は、10 名から 30 名以上の様々なバックボーンを持つ大人が、少なくとも数十時間をかけて行うものである。高校生に効果的に実践させるには、計画的に様々な形でサポートする必要がある。

### 《① STEPゼミ》

SP の準備のために最も時間をかけて注力しているのが、STEP ゼミである。

高校生が持ちうる知識の大半は、通常の教科学習の中で身につけうるものに限定されている。多角的なものの見方が必要となる SP を実践するためには、これでは足りない。時間や労力に限界もあることから、4 つのゼミを開講し、特性に応じて生徒に選択させ、所属させることで、各分野それぞれの専門的な知識の土台を育成することを図った。

先述（【Ⅲ】－③）のように、本校の構想はスペシャリストの育成に対して否定的である。しかし、何かしら従来型学習の枠を超えた知識習得をせねば、ジェネラリストにもなり得ない。あくまで SP を円滑に進めるための下準備として、専門的分野の視座の獲得を目指した。

4 つの分野の区分は、PEST 分析法に倣った。STEP は PEST のアナグラムである。PEST 分析とは、社会全体の変化、つまりマクロ環境を読み解くためのフレームワークである。Political・Economic・Societal・Technological の 4 つの視点から、マクロ環境を分析する。本校ではこれをそれぞれ、政治学・経済学・社会学・自然科学と読み換えてゼミ活動を行った。そして、4 つ全てのゼミ生を内包する班を構成して SP を実施させることで、常に PEST 分析を意識した話し合いが可能となる体制を作った。

このゼミの区分には、先述（【Ⅲ】－③）の本校の特色も影響している。一般に SGH の活動は文系分野中心であるが、本校の場合、グローバルコースは文理混合であり、実際には理系の生徒が過半数を超える。SP の下準備という扱いであるにせよ、従来の高校学習内容を超える学習を課すならば、望む将来の進路に沿った内容を選択させてやりたいと考えた。あるいは、志望分野に沿った学習を選択させることで、将来について深く考えさせたい、という思いがあった。PEST 分析法には Technological がある。もちろん、Economic を理系的に捉えたり、Societal で統計学を学んだりも出来るが、理系を目指す生徒の大半を Technological ゼミで吸収することで、生徒のニーズにあった学習が行えると考えた。

なお、3 年間の SGH 活動の中で、SP の演習を始めるのも、STEP ゼミを開講するのも、高校 2 年次からとした。高校 1 年次は下準備期間として、全ての STEP ゼミの基礎講座（各ゼミ 8 回程度）をコース生全員が履修する。その経験をもって 2 年次のゼミを選択するのである。基本的に 3 年間持ち上がる各学年の総合的な学習の時間の担当者は、4 ゼミの担当者と後述の Global English の担当者の計 8 名程度で構成している。

具体的なゼミの活動についてはここでは描くこととする。3 学年で担当者がそれぞれ異なる中で円滑に踏襲するためには、フレキシブルな体制作りが必要である。探究型学習を重視するという観点から、Political では模擬国連、Economic ではヴァーチャルトレード、Societal ではア

ンケート調査、Technological では太陽光発電の製作、というメインプログラムは定めてあるものの、その進め方については、各担当者の裁量に委ねている。詳細は国際シンポジウムを含む発表会毎に発信している活動報告書をご覧ください。

## 《② Global English》

「世界に発信する能力」育成のために、SP、STEP ゼミに次いで注力しているのが Global English (以下 GE) である。英語学習における 4 技能のうち、「読む」「書く」「聞く」については通常の英語授業の中で学習しているため、ここでは「話す」能力の育成に主眼を置き、単なる英会話ではなく、学術的な議論を行えるまでの能力の獲得を目指している。コース生を 20 名程度ずつのグループに分け、それぞれのグループに対して外国人の教員を交えたチームティーチングで指導できる体制を整えた。後述 (【IV】-④) の国際シンポジウムや中間発表会等では英語を用いた発表も行っている。SP や STEP ゼミを進めるのに資する形で、学習中の内容に沿ったディスカッションやディベート、プレゼンテーションの演習を行った。

## 《③ 国内外での連携》

効果的に学外での刺激を受けられるよう工夫している。

学外フィールドワーク (以下 FW) については、高校 1 年次に 2 回、夏と春に企画し、希望調査に沿って振り分けて、20 名程度で活動している。夏の FW は、基本的に日帰りで大学の研究室等を訪問し、STEP ゼミの内容に即した体験学習や留学生との交流会を行っている。春の FW には 2 年生も任意で参加し、国内と海外に分かれて 4 日~1 週間程度の研修旅行を実施している。昨年度は関東方面 2 コースと、フィリピン、マレーシア・シンガポール、ベトナムの計 5 方面へ展開した。現地では、企業を訪問しての発表・探求活動や、現地校との交流などを行っている。また、それまで国内催行であった修学旅行を、グローバルコースのみ、海外研修旅行に変更した。1 年目、2 年目はタイへ赴き、現地の文化に触れ、現地の人々と交流した。3 年目からはオーストラリアに行くことになっている。

海外体験は、グローバル・リーダー育成のためには可能な限り経験させたいところであるが、費用が膨大にかかる。個々の生徒に個別の事情があることを考えると、野方図に拡大し、強制することは出来ない。また、これも、SGH が教育課程の研究開発であることを鑑みれば、広く実践可能なレベルで留めるべきである。本校では選択制の FW と、もともと実施していた修学旅行を改良するという方法で、これに折り合いをつけた。

少ない日数でできる限り有意義な体験をさせるために、プログラムにも工夫を凝らしている。他国の大学生や高校生との交流を重視し、英語を用いて議論を行ったり、協働 SP を行うことで、思考力やコミュニケーション能力を養った。また、現地において生の声を聞くことで、国情の違いを体感して知ることができた。しかし、最も重視しているのは、他国の文化を知ることによって自文化を相対化する視点を養うことである。自分にとっての「当たり前」が、実は「当たり前」ではないかもしれない、と知ることによって、自分を無意識に縛っているものから抜けだし、多様性を受容することができるようになる。そのような視点を養うことが、SP を進める上で役に立つと考えた。

さらに、国内の企業、大学、自治体等から講師を招いての学内での講演会も、定期的に行っている。専門家の話を聞くことが、生徒の刺激になっている。

#### 《④ 国際シンポジウム・発表会》

学習の節目となるのが、発表会である。これは SGH の取り組みを始めてから分かったことだが、生徒の発表会にかける熱意は予想以上に強いものだった。他者に成果を披露するという状況が、彼らのモチベーションを刺激するのであろう。

そこで、発表会を2部編成とし、第1部を舞台上でPower Pointを用いたプレゼンテーション発表の場、第2部を全員によるポスター発表の場として、構成や演出に工夫を凝らしたイベントにした。また、特に、秋に開催する発表会を「国際シンポジウム」と名付け、FWで提携を結んだ海外の学校や、近隣のSGH校を招いて大々的に発表する機会と位置づけた。冬の発表会は1年生を中心とした、STEP基礎ゼミの発表であるが、秋の国際シンポジウムのメインは2年生によるSPである。昨年度は、8つのSP演習班の中から、事前のコンテストで選ばれた2班が1部でプレゼン発表をし、残りの6班が第2部でポスター発表を行った。この卒業制作集に掲載している作品は、その時の発表を下敷きとして、その後推敲を重ねて練り上げたものである。

発表会をすることで、生徒に他者の視線を意識させ、評価に足るものにすべく工夫を凝らすよう促すことが出来る。また、期限を設けることで、計画的な作品作りや議論を進めさせることが出来る。高校生に対する指導として、発表会を設定することの意義は非常に大きい。

国際シンポジウムには、招いた海外校の生徒達にも積極的に参加してもらっている。昨年度は、フィリピンから1名、シンガポールから2名、アメリカから2名の計5名の高校生が、本番前の1週間程度、日本に滞在し（ホームステイ）、SPにも加わった。また、パネルディスカッションを企画し、日本と海外とのジェンダーをめぐる文化の違いについて、台本なしで、40分程度、全て英語で議論した。帰国子女でもない高校生にとって、どのように発展するか分からない議論を、聴衆の前で円滑に進行させるのは実に難しい。事前にアンケートを採ったり、別の議題で模擬ディスカッションを行ったりと、生徒達が様々な工夫を凝らした結果、大成功を収めることが出来た。無謀とも言える程難しい企画であったが、彼らにとっても得難い経験であり、大きく成長してくれたと思う。

#### 《⑤ iPadの導入》

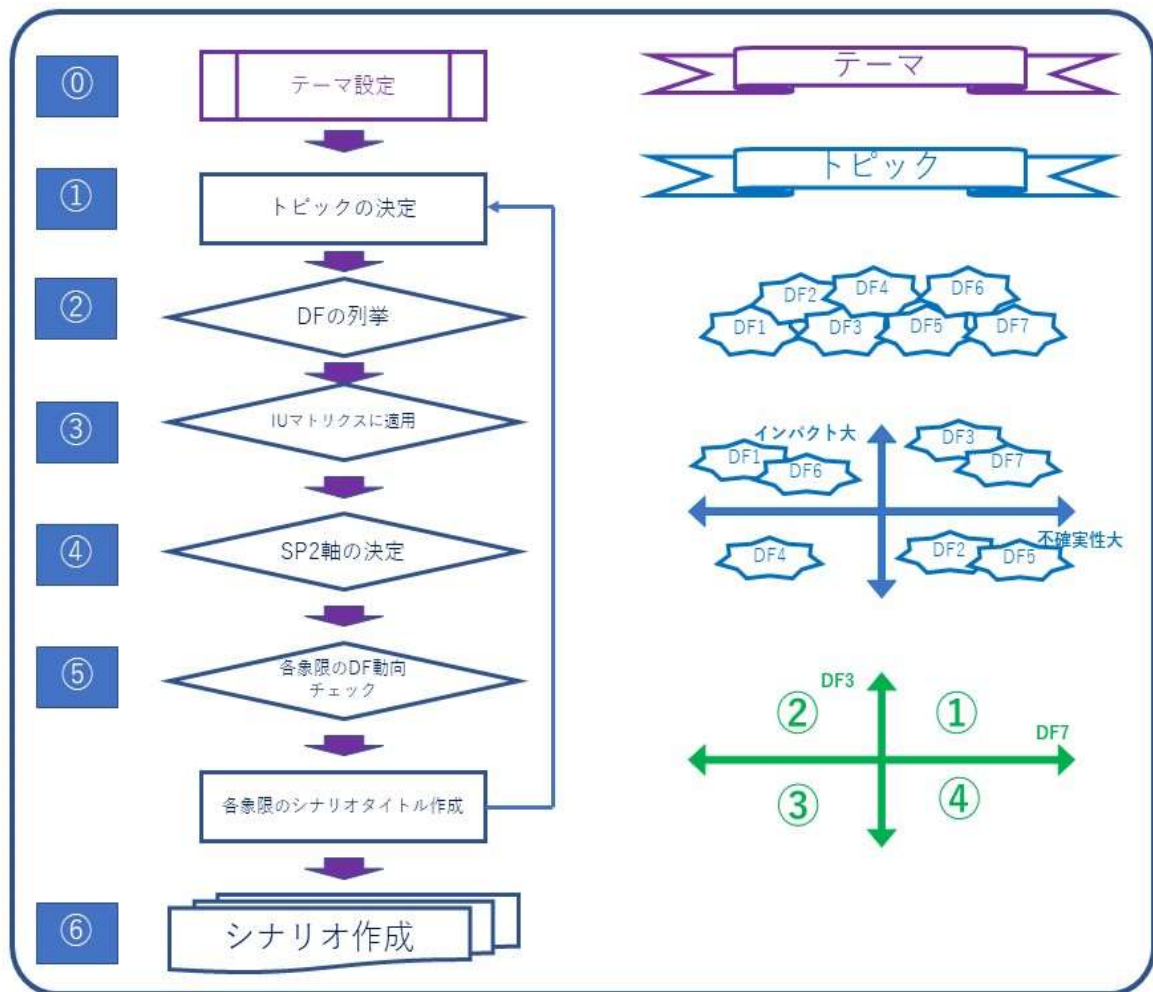
このSGH構想を作り上げる際、本校の弱点として挙げられていたのが、生徒のICT技術の未習得であった。SPを実施するためには、膨大な量の情報収集が必要となるが、それをこなせるだけの情報処理技術が身につけていないと思われた。そこで、その対処策として情報科の授業を工夫することと、全教室へ電子黒板を導入することを当初の構想で掲げていた。しかし、電子黒板導入後、各教科学習も含め、授業がめざましく変化した。それをきっかけに、生徒にタブレット端末を持たせ、活用することとなった。これはグローバルコース生だけでなく、高校生全員を対象とした取組である。iPadを購入してもらい、IDを振り分けて一元管理し、基幹ソフトを導入して、授業その他で活用している。

これにより、生徒の情報処理技術は短期間で飛躍的に向上した。インターネットで即座に情報収集し、Word、Excel、Power Pointを用いて的確に処理をしている。当初の計画ではPlactical Information Technology（通称PIT）という授業を総合学習の時間の中で展開し、技術の向上を促すはずであったが、2期生以降、その必要がなくなった。

長くなったが、以上がSPを支える本校の取り組みである。SPをする上でこれらが全て必要であるかは分からないが、円滑に進めるための力になっているのは間違いない。

## 【7 シナリオ・プランニングの進め方】

さて、ここから SP の具体的な進め方に話を移す。本校の SGH 構想の最終目標は、SP の高校生向けの教材化である。他の高校にも興味をもってもらい、効果を実感してもらい、いずれ本校生と協働して SP が出来るようになることを目指している。したがって、ここからは手順を追って説明しながら、実際の指導を通じて気づいた点、注意すべき点と感じた点などを具体的に、できる限り詳細に述べることにする。まずは、下に手順を模式図化したので、これで全体像を掴み、それぞれのステップを読み進める中で、随時振り返っていただきたい。



### 《STEP① テーマの設定》

テーマの設定については教員が行う。1 期生の場合、初回では「教育の ICT 化」「ゲーム産業」「USJ (ユニバーサルスタジオジャパン)」から選択、2 回目は「大学」、3 回目は「エネルギー」を統一テーマとした。テーマを共通のものとしたのは、班ごとの比較をやすくするためである。

設定の基準については、その中でトピックを立てやすいような、大きめの概念が望ましい。これについては STEP①で詳しく述べる。



## 《STEP① トピックの設定》

まずはテーマに沿って、何についての未来を考えるのか、対象となる事物を設定しなければならない。「〇〇の△△年後はどうか」という研究課題を、STEP④の「テーマ」や、STEP⑥の「シナリオ・タイトル」という語と区別するために、「トピック」と呼ぶことにした。

原則として、SPは未来の想定できるあらゆる事物に適用できる。トピックの「〇〇」には、人、物、制度、何でも当てはめることができる。だからこそ、高校教材として汎用性が高く適切であると考えた。(トピックの「△△年」の部分は、「〇〇」に何をあてはめたかによって変化する。後述のドライビング・フォースや2軸との兼ね合いを考えて、大きな変化があるであろう時期よりも少し後に設定すると、議論が発展しやすい。)

だが、実際にトピック設定の指導を始めると、意外なほどに、この最初の手順に生徒達はつまづいた。我々教員陣は、その後の展開がどうなり、どんなSPが仕上がるかを頭に描きながら指導に当たる。しかし、生徒の挙げたトピックを聞いても、あまりやってみる価値があるようにも思えない。途中で詰まりそうな予感がする。どうにも「面白い」SPになりそうにない。だが、生徒にしてみればそれが分からない。「なぜダメなんですか？」と不満げな顔をする。「何にでも適用できる」と言ってしまう以上、当然であろう。納得させられるような上手い説明が出来ず、やきもきする場面が多くあった。

考えた結果、たどり着いた結論は至極単純なものであった。それは、「興味の無いものに対するSPは面白いものになりにくい」ということである。先述(【V】)のようにSPは未来を考える際、主観的な希望的観測に満ちた妄想にならないように、バイアスを排除していくための手法である。従って、たとえバイアスマみれであろうとも、積極的に予想したい未来について考える必要がある。無手勝流な未来予測がまずあって、それとSPの手法に則った未来へのシナリオとを並べ、その差を確認することが面白いのである。バイアスをいかに排除できたかということが、そのままシナリオの客観性、論理性だということも出来る。

本来のSPは、企業や自治体など、利益をともにする集団の中で、その組織がどう活動すべきか、指針となる戦略を立てるために行われる。SPの参加者は、トピックの主体の当事者なのである。しかし、社会問題について考える際、高校生はまだどの組織の当事者でもない。いわば外野の人間である。当事者ではない外部の人間が大上段に構えて、考えたこともなかった事物の未来について語るというのは、小賢しいという印象をぬぐい得ない。未来を語るためには、未来をどうにかしようという責任感が必要なのである。

また、これも指導を始めて分かったことであるが、従来の一問一答形式の学習の弊害か、生徒は間違えることを極端に嫌い、とにかく模範解答を作りたがる傾向にある。今まで彼らが考えたこともなかったような内容をトピックに選びたがるのもこのためで、自分が本当に興味のあることよりも、現代文の評論で読んだことのあるような、ありふれた議論に収束させていきたがる。それを理解した上で、特定の論を検証するためにSPを用いるのならば十分に価値のある研究となろうが、たいていはその「元となった論」の劣化版の域をでない。一般的な議論の中で、「未来はこうなる」と言われているような事物は、SPの対象には選びにくいと言える。

さらに、外野であるがゆえに、持っている情報の量も圧倒的に少ない。SPをする以前に、無

手勝流の未来予測をするに足るだけの情報すら不足していたりする。その場合、トピック設定以降の手順の中で、一から膨大な量の情報収集をせねばならない、ということになる。指導する側としては、途中で頓挫してしまいそうだという懸念を抱かざるを得ないのである。特に、新開発された先端技術などについてはそもそもの情報が世の中に出回っておらず、調べようもない。高校生が SP で扱うには不向きであると言える。

なお、総合的な SP の「面白さ」については、振り返って考察した内容を、「良い SP とはどんなものか」という視点から後述 (STEP⑥) している。参考にされたい。

さて、本校では、卒業制作とする SP のテーマを、「エネルギー」と設定している。この卒業制作集に掲載した作品のテーマも、全て「エネルギー」である。これにはいくつかの理由がある。

まず一番の理由は、全般的に知識が少ない高校生に SP を演習させるにあたって、何か方向付けをしておいた方が、深い議論にまで発展させられると考えたからである。また、現実的な問題として、その方が指導もしやすいと考えた。STEP ゼミにおける Technological で、太陽光発電パネルの製作を行っているのはそのためである。「エネルギー」はどんな形であれ、我々の未来に大きく影響する。テーマとして扱うのに相応しいと考えたのである。二番目の理由としては、SP の第一人者として先ほども紹介した、ロイヤル・ダッチ・シェル社と関係の深い昭和シェル石油株式会社と連携することができ、本校の SP の教材化について、助言をいただけることになったことも挙げられる。実際、年に 2 回程度、専門家に来校していただき、教員研修をしていただくことで、本校の SP の質は高まってきた。三番目の理由としては、SGH の指定を受けるべく調書を作成している中で、求められる「学校の地域性」を活かそうと考えた際、近隣にある堺泉北臨海工業地帯との連携を計画したからである。しかし、これについては交渉が上手く進まず、連携を結ぶには至らなかった。

しかし、指導を進めるにつれ、テーマを「エネルギー」に限定して据えることによる問題点が顕在化してきた。どうしても理系寄りの内容、つまり SSH の課題研究に近く見られがちなのである。実際、学外のコンテスト形式の発表会に参加した際には、審査員に理系の教授が顔を並べ、エネルギーに関する専門的な内容の質疑をなされた。文系の生徒が懸命に的確に応答していたのであるが、結果は芳しくなかった。「シナリオ・プランニング」についての世間の認知度が高まれば改善されるかもしれないが、現状の SGH のコンテスト等で評価されるのは難しいと思わざるを得ない。

また何より、ここまで述べてきたように、トピックには生徒が勝手に未来を夢想してしまうくらいに興味を持っているものが適している。その方が当事者感覚を持ちやすく、面白い SP が出来上がる。エネルギー問題に興味が無いという高校生はあまりいないかもしれないが、日夜それに頭を悩ませているような高校生も存在するまい。「エネルギー」は典型的な社会問題であるがゆえに、生徒の模範解答探しを助長してしまうのである。

この「エネルギー」というテーマをどうしていくかは今後の大きな課題である。

(まとめ)

トピックの主体は、

- ・当事者に感情移入してしまうほど興味を持てるものがよい。
- ・未来について語り尽くされているものや、逆にあまりにも新しいものはやりにくい。

## 《STEP② ドライビング・フォースの列挙》

次に行う工程は、ドライビング・フォース（以下 DF）の列挙である。DF とはトピックに影響を与える因子のことを指す。例えば、「少子化」や「情報技術の発展」などは、どんなトピックであれ、DF として数えられることになるだろう。

DF の列挙は、ブレインストーミングを用いて行う。各班員が思いつくままに DF と思われるものを付箋に書き、模造紙に貼り付ける（拡散）。一定量が集まれば、俯瞰して、カテゴリーを考え、グループ分けを行う（収束）。

実際には、時間的な余裕が確保出来ていなかったため、一人あたり 10 個程度の DF を宿題として考えてきて持ち寄り、“収束”をしながら思いついたものを足していくという方法を採用が多かった。

他人の意見を一切批判しない、ということが大原則に置くブレインストーミングは、非常に「優しい」グループワークである。また、質ではなく量こそが重要であり、一見奇抜に見えるようなアイデアこそが、それまで出ていなかった類いのアイデアの呼び水となり、議論の枠を広げてくれる。自由な発想を褒めるようにすると、生徒達は嬉々として作業に臨む傾向にあった。新しいグループで SP を行う場合などは、この工程自体がアイスブレイキングの役割を果たしてくれる。STEP 1 の“トピックの設定”に難航するようであれば、仮のトピックだけを立てた上で、先にこの STEP 2 “DF の列挙”を行い、後にトピックを再検討するというのも効果的である。

しかし、楽しんで臨めるとはいえ、この“DF の列挙”というステップも非常に重要なものである。影響力の大きい DF を見落とすことは、逆に言えばシナリオにとって「想定外」の事態を増やすことになり、SP 全体の論理性を著しく損なうことになる。トピックに関する DF を、可能な限り全て網羅的に挙げねばならない。これは、高校生の知識量では難しい。

そこで、本校では先述（【VI】－①）の STEP ゼミの活動を併行して行い、SP の活動に組み込むこととした。STEP ゼミは PEST 分析法に倣ったゼミの区分である。4 つのゼミから数名ずつが集まって SP を行う班を構成することで、DF 列挙の際に自然と PEST 分析法を用いることができるようにしたのである。

ゼミで養うのはあくまで専門分野の視座であるため、そこで得た知識がどれだけ役に立ったのかは不明である。しかし、少なくともグループ作業の中で、PEST 分析法を意識して DF を考えることはできたように思う。

（まとめ）

DF 列挙をする際には、

- ・ブレインストーミングを用い、出来るだけ斬新なアイデアが多く出るようにする。
- ・PEST 分析法等のフレームワークを用いて、見落としが無いよう心がける。

### 《STEP③ IUマトリクスに適用》

SPが難しくなるのはこの工程からである。SPにも手法がいくつもある中、高校生向けの教材化を目指す本校としては、できるだけ分かりやすいフレームワークの作成に努めた。その中で、どうしてもこれ以上簡略化できなかったのがこの部分であり、また、SPをする上での非常に重要な部分でもある。

本校で行うSPにはマトリクスが2つ必要である。まずこの時点で両者を混同しがちであったため、それぞれ「IUマトリクス」「SPマトリクス」と名前をつけた。「SPマトリクス」が後述(STEP⑤)のようにシナリオ自体に直接関わるものであるのに対し、「IUマトリクス」は「SPマトリクス」を作るための準備段階として作成するものである。

IはImpactの頭文字であり、DFがトピックに与える影響力の大きさを指す。通常、XY平面を作る場合のY軸に当てる。UはUncertaintyの頭文字であり、DFの生じる不確実性を指す。通常XY平面を作る場合のX軸に当てる。このIUマトリクスに、STEP②で列挙したDFを1つずつ、その影響力の大きさと不確実性を吟味して当てはめていく。実際には、模造紙に大きくIUマトリクスを描き、DFの付箋を、それをどの位置に置くべきか話し合いながら貼り付けていくことになる。

難しさの理由は大きく分けて2つある。

1つは、「不確実性」という概念である。ある事柄が起きる確率は0%から100%までである。一見、“100%”の方が不確実性が低く、“0%”の方が不確実性が高いように見えるが、そんなことはない。それはあくまで“起きる確率の高低”に過ぎない。両端である“0%”と“100%”は、「必ず起きない」と「必ず起きる」を指している以上、「確実性」が“高く”、「不確実性」は“低い”のである。従って、起きるかどうか“50%”であるという状態がもっとも「不確実性が高い」状態と言える。

生徒にこの概念を理解させるのはなかなか難しい。頭では分かっていたとしても、ついつい議論の最中に“起きる確率の高低”と混同してしまう傾向にある。慣れるまでは急がずにゆっくりとひとつひとつのDFの吟味を行い、思考の訓練を積み重ねなければならない。

もう1つは、バイアスの問題である。人間は自分にとって都合の悪い事柄は、「きっと起きないだろう」と考えるか、「起きてても大したことはないだろう」と考えがちである。これはちょうど「不確実性」と「影響力」に直結する。嫌なことを直視するのは大人にとっても難しい。あらゆる情報が不足している高校生にとってはなおさらである。無意識のうちに考えが偏っているため、本人達に任せていては是正するのは困難である。この工程については教員が積極的に介入し、エビデンス(裏付けとなる根拠)を得るよう指導することが望まれる。

(まとめ)

- IUマトリクスはSPマトリクスを作るための準備段階である。
- 「不確実性」は起きる確率が50%の時が一番高い。
- バイアスの存在を意識して、エビデンスを得ながら丁寧に議論を重ねるよう心がける。

#### 《STEP④ SP 2 軸の決定》

DF を IU マトリクスに適用したら、俯瞰して見てみる。第一象限にあって、原点から最も遠いもの 2 つ、つまり不確実性が高く影響力の大きいものが、次の SP マトリクスの XY 軸の候補となる。

この際のポイントは大きく 3 つある。

まず 1 つ目は、選びながら DF を出来るだけ具体的な内容や数値に落とし込むことである。例えば、「原子力発電所が再稼働する」を軸に選んでしまうと、数多くある国内の原子力発電所がどの程度まで再稼働すれば条件を満たすのかがわからない。1 つでも再稼働すればいいのか、全て再稼働しなければならないのか、不鮮明である。同様に、「日本の景気が良くなる」とした場合も、何を以て好景気の基準とするのかが曖昧である。現在の状況を詳しく調べ、メカニズムを読み解き、分水嶺となるような象徴的な事柄を具体的に見つけて、軸に選ぶことが望ましい。これは当事者意識を持ってかなり詳細に調べなければ分からないことであり、高校生にとっては非常に難しいことであるため、教師の積極的な介入が必要となる。1 期生を指導している際には、このことになかなか教員側も気づけなかったため、割と大雑把な軸を選んでしまって、後で困るという状況が多発した。

2 つ目は、出来るだけ互いに影響し合わないような 2 つの軸を選ぶということである。2 つの軸が干渉し合うと、シナリオ間の弁別がつけにくくなり、次の工程で 4 つの象限に分けてシナリオを作成する意味が薄れてしまう。例えば、「原油価格が高騰する」と「原子力発電所が再稼働する」は、もちろん事象の成立に至る過程で影響する因子はそれぞれ違うものの、原油価格の高騰が原子力発電所を再稼働するための理由となり得るというように、因果関係が成立していることを考えれば、干渉していると言っていい。

補足すると、この「干渉を避ける」というのは絶対的に必要なルールであるわけではない。それぞれをより具体的に突き詰めれば、両者の差異が明確になることは多い。先の例で言えば、「原油価格の高騰」を中東地域の治安や、原油価格の基準を決めているサウジアラビアやアメリカの政情にまで掘り下げ、「原子力発電所の再稼働」を日本における再稼働差し止め訴訟の状況などにまで落とし込めれば、両者の干渉の度合いは小さくなる。ただ、このように考えるためには、より一層深く、詳しく調べなければならない。高校生には容易なことでは無い。もちろん、そうしてより厳密なシナリオを作成することには大きな意味があると考えますが、限られた時間の中でどこまで出来るか、というバランスの問題である。

実際の演習では、分かりやすく干渉を防ぐために、できる限り PEST の違う領域を組み合わせるように、という指導をしてきた。結果、かなりマクロ的で大雑把なシナリオになってしまいう傾向が見られた。高校生のレベルで考えれば仕方が無いようにも思われるが、今後の検討課題であると言える。

3 つ目は、最良の軸を求めて何度も試行錯誤する、ということである。軸の選定に正解はない。どんな 2 軸を選んでも、ある程度のシナリオを作ることは出来る。問題は、そのシナリオが面白いものになるかどうか、という点にある（どのようなシナリオが面白いかについては STEP⑥ で述べる）。従って、2 軸を選びながら、各象限のシナリオをイメージし、逆算して 2 軸を選び直す、という工程を繰り返すことになる。生徒は模範解答的な軸を求めたがる傾向にあるが、そんなものは存在しないのだ、ということを重ねて言い続けなければならない。

(まとめ)

- ・軸に選ぶ DF はできるだけ具体的な方が望ましい。
- ・2つの軸は互いに干渉し合わない方が望ましい。
- ・2軸の選定に正解はないと考えた上で、シナリオから逆算してベターなものを探す。

### 《STEP⑤ 各象限の DF 動向チェック》

2つの軸が定めればシナリオを作成することは可能である。2軸に選んだ DF (A、Bとする)を、それぞれをXY軸に当てはめた上で、

第一象限：AであってBである場合

第二象限：AであってBでない場合

第三象限：AでなくBでない場合

第四象限：AでなくBである場合

という4種類のシナリオを作成すれば良い。

ただ、実際に演習してみたところ、生徒達は「 $1+1=2$ 」というような単純な結果を早急に求める傾向にあった。場合分けをしているだけで、一応それでも未来の予測と言えなくもないが、短絡的では面白みに欠ける。また、現実の状況が様々な要因が複雑に絡まり合って構成されている以上、簡略化しすぎてしまうと見落としが生じ、説得力が損なわれてしまう。そこで、STEP②で挙げた DF のうち2軸に選ばなかったものを再活用し、それぞれの DF が4つの象限に当てはめられた際にどう変化するのかを考察することとした。

考察の結果を全て記憶しておくことは不可能であるため、一覧表を作って記録する。また、シナリオを作成する上で視覚的・直感的に把握できるように、「○△×」や「↑↓」といった記号を用いて表記することとした。

この際、STEP③の IU マトリクスへの適用結果が役に立つ。影響力の大きさを正確に検証することができていたならば、ここで SP マトリクスの4つの象限における動向をチェックするのは、IU マトリクスにおける第一象限、第二象限の DF だけで良い。IU マトリクスの第三象限、第四象限にあたる DF は、不確実性の大きさに差があるとしても、影響力は小さく、考慮する必要性がない DF と言えるからである。

なお、IU マトリクスの第二象限にあたる DF (不確実性が低く影響力が大きい DF) には特に注意せねばならないものが2つある。

1つめは、「トレンド」であり、“確実に起きるであろう影響力が大きい DF”を指す。例えば「日本における少子高齢化」や「AI 技術の発達」は、確実に起きるとみなされている事柄であり、様々なトピックについて考える上で、影響力も大きいと考えられる。「トレンド」については、基本的な理解ができていないと SP の論理性を損なうことになってしまうため、十分にそのメカニズムや今後の動向を調べておく必要がある。

2つめは、「ブラックスワン」であり、“起きる確率は低いですが、起きた際の影響力が破壊的な

ほど大きいDF”を指す。例えば「戦争が起きる」や「大地震が起きる」といったものである。もしこれらが起きた場合、他のDFの動向を全て大きく変動させてしまうほどの大きな影響が生じてしまう。したがって、「ブラックスワン」については、意図的に棚上げすることとし、SPには反映しないようにすべきである。

(まとめ)

- ・IUマトリクスの第一、第二象限にあるDFについて、SPマトリクスの4象限における動向を検討する。
- ・「トレンド」についてはそのメカニズムや動向を詳しく調べる。
- ・「ブラックスワン」については考慮しない。

### 《STEP⑥ シナリオ作成》

STEP⑤の冒頭に述べたように、4つの象限について、それぞれどのように未来が進行するかを考えてシナリオを作成していく。その際、一つひとつの象限を順番に吟味していくことになるが、他象限との比較も重要である。4つのシナリオを頭に置き続けるのは困難であるため、最初に、それぞれのシナリオに象徴的な「シナリオ・タイトル」をつけさせて、直感的なイメージを持ちやすいようにした。

シナリオをどのように書くか、については指導が難しかった。個々の班(1期生は8班に分かれて演習していた)で進捗状況も違い、扱うトピックも異なっていたという理由もあるが、一番の理由は、どんなSPが良いものなのか、という共通見解が教員達の中に無かったからである。SPの高校生向け教材化は、全国でも初の取り組みであり、先例が無い。例として入手できるシナリオは、企業等が発表しているものであり、ハードルが高すぎる。そこで、まずは高校生が目標にできる程度のSPのサンプル(『USJの10年後のアトラクションはどうなるか』)を作って生徒達に公開し、それを模する形でシナリオを書いていくように指導した。本冊子に掲載されているSPはその成果物である。

教員さえも手探りの中で指導する、という状況の中で、1期生はよく頑張ってくれた。教員陣も明確な指針を持っていないとはいえ、「これは良くない」といったことは感覚的に分かるものである。相談してはダメ出しをされる、ということを繰り返しながら、それでもめげずに、少しずつ良いSPにブラッシュアップしてきてくれた。ここに掲載するSPも、まだまだ不十分なところは多々あるが、限られた条件の中で精一杯作り上げた、現況におけるベストな作品である。

そして、1期生の努力のおかげで、「良いSPとはどんなものか」という指標が明らかになってきた。以下にそれをまとめる。

まず、演習を始める前から生徒に述べていたのは、以下のような指標である。

一番大切なことは、SPには定まった正解など無い、ということである。

“予知”と混同すると当たったか外れたかを正解、不正解と考えそうであるが、結果は問題ではない。そもそもSPはリスクヘッジの手法であり、未来に起きることを言い当てるのではなく、



未来に起きる可能性があることを顕在化させられればよいのである。1年以上かけて1つのトピックに向き合っていると、途中で現実世界の方が大きく動いてしまう、ということもあり得るが、それによってそのSPが価値を失ったということにはならない。

また、通常の論文とは違い、明確なメッセージ性や新たな発見も必要ではない。論理性は必要だが、シナリオである以上、むしろ小説のように表現する方が適している。

あくまでも高校生のための思考訓練であることを考えると、演習を通じて、思考力を養うことこそが一番の目標なのである。思考した痕跡をしっかりと残すことができれば、それが「良いSP」なのだ。

しかし、これではあまりに漠然としすぎていて、具体性に欠けていたと反省している。

1期生の指導を終えた上で見てきた“良いSP”、“面白いSP”とは、「想像力を論理的に発展させ、未来を良い方向へ導く術を模索する」というものであり、その際の指標は以下の4点である。

#### ① 4つの象限のシナリオ間で差異が鮮明になっているか？

SPの指導を初めてから改めて気づいたことだが、生徒達はあまり未来を考えない。今ある現状が、そのまま続くものだというような漠然としたイメージだけを持っている。そこで、まずは「どれだけ想像力を働かせたのか」という点をもって1つの指標とする。

そのための目安となるのが、4つのシナリオの差異化の鮮明さである。XY軸を正の方向にとれば、第一象限に、一番理想的なシナリオ、若しくは現状の延長線上のシナリオが成立する。これが、SPをする以前に抱いている漠然としたイメージと重なることは多い。しかし、SPで作られる4つのシナリオは、生じる可能性が原則的に等しいはずである（不確実性が高いものを2軸としてシナリオを考えているため）。同じ程度に起こりうる未来から目を背けていたという驚き、知らぬ間に捕らわれていたバイアスへの気づきが、SPの面白さの1つであろう。

その際、無理に差異を作ろうとすると恣意的になり、論理性を損ないかねない。差異を鮮明にするためには、具体性を増せば良い。できるだけミクロな視点で、生活に密着したような事柄に言及するようにすれば、自然に差異は鮮明になるはずである。

1期生のポスター発表の中で「未来の日記」なるものを作っている班があったが、非常に分かりやすく、面白かった。今後、文章だけでなく、画像や映像での表現にチャレンジする生徒達も現れるのではないかと期待している。

しかし振り返ると、1期生に演習させる中では、4象限まで間に合わず、1つか2つの象限だけを取り出して、シナリオを書かせるということが数回あった。時間に追われている中での苦肉の策だったのであるが、SPの意義が半減してしまったと反省している。

#### ② シナリオを点ではなく線でつなげられているか？

シナリオは点ではなく線である。トピックを「○○の10年後」としたとしても、10年後にいきなりコロリと変化が生じるわけではない。10年の間に、様々なDFの変化が連鎖しているはずである。その変化の連鎖を明示しなければならない。STEP⑤で「 $1+1=2$ 」では面白くない、と述べた所以である。

1期生には間に合わなかったが、今後は、「未来の年表を作る」という工程をSPの手順の中に設けるべきかと考えている。また、シナリオ自体を「△△年後の時点から遡る形での述懐」とい

う形式で書き上げることも有効であろう。

### ③ 適切かつ十分なエビデンスがあるか？

“現在”は“過去”と“未来”の狭間に位置する一点である。未来に向けてのシナリオは、過去から現在に至るシナリオの延長となる。従って、SP を論理的なものにするためには、トピックについての現状がいかにして成立したのか、というメカニズムを読み解いておく必要がある。さらに、各 DF については、様々な本や WEB で既に今後の動向についての考察がなされている。それらの情報を網羅的に集め、作成するシナリオの裏付けとしなければならない。②で「未来の年表を作成すべき」と述べたが、「現在に至る過去の年表」も作成すべきである。これには膨大な量の情報の収集と処理が必要となる。その上、何を調べるべきかについても、随時自分たちで考えなければならない。高校生にとっては非常に難しい要求であると思われるが、だからこそ価値もある。ジェネラリストの育成にはもってこいの課題であると言えるだろう。

なお、シナリオ自体は端的な方がよい。その方が他象限との比較もしやすいからである。従って、シナリオを氷山の一角とした上で、こうして積み上げたエビデンスは、注の形で後述すべきである。

### ④ 当事者意識のある考察がなされているか？

生徒達を見ていると、どうしてもマクロ的な視点から脱却できず、まるで歴史の教科書のようなシナリオを作る傾向にあった。客観的と言えれば聞こえが良いが、当事者意識が薄く大上段に構えた無責任な未来の予想は面白いものにはならない。STEP①でも述べたように、これには「エネルギー」というテーマ設定が遠因しているようにも思う。

本稿では SP をリスクヘッジの手法と位置づけてきたが、本来の SP はその上で、戦略立案のためのメソッドでもある。当事者としての立場から、どうすれば一番良い未来のシナリオに辿り着くことができるのか、までを考えることが求められる。そのためには、分水嶺となるような出来事を見極めねばならない。また、悲劇的なシナリオを考える際には、どうすれば被害を最小限に抑えられるかを考えることが求められる。

ここでも、②で述べたような「点で考える思考」から脱却せねばならない。「〇〇の△△年後」について考える際、「△△年後」から先にも未来は続く。「△△年後」の当事者が、未来をどのようなものとして考えるか、というところにまで想像力を働かせられれば良い SP になると思われる。

以上の4点に関しては、今後ルーブリック等に落とし込み、生徒の発表を評価する際の指標にしたい。

(まとめ)

・良い SP とは「想像力を論理的に発展させ、未来を良い方向へ導く術を模索する」ものであり、それを計る指標は以下の4点。

- ① 具体性が高く、4つのシナリオの差異が明確なものである。
- ② 因果関係の連鎖が論理的につながられたものである。
- ③ 背景に膨大なエビデンスがあることを感じさせるものである。
- ④ 未来を良い方向へ向かわせようという意気込みが感じられるものである。

## 【8 高校生にシナリオ・プランニングを教えることの意義】

以上が、本校が行ってきた SGH の活動である。この後続く、生徒の卒業制作を見ていただければ、より具体的に理解してもらえはるはずである。

手探りで指導法を考え続け、ようやくここまで体系化し、文章にすることができた。まだまだ試行錯誤の余地は残っている。今後どう突き詰めても、高校生にとっては難度の高いものであるに違いない。それでも、新しく研究開発した教育課程として、SP は非常に秀逸なものであると断言できる。少なくとも、

- ・主体的に未来を考えられるようになる。
- ・バイアスを除去して論理的に思考する能力が身につく。
- ・共同作業を通じてコミュニケーション能力を育むことができる。

といった効用だけで、十分すぎる意義があると言えるだろう。

SGH 校としての研究開発である以上、この取り組みを本校だけのもので終わらせてはならない。この冊子を読んで興味を持ち、SP を教育課程に取り入れ、本校と一緒に演習を行ってくれる方々が現れてくれれば幸いである。

## 【9 追記 卒業作品集の構成】

努力を成果物の形で残すことで、さらに生徒の成長を促したいという考えから、高校3年次は1年かけて卒業制作を行った。当初は「卒業論文」と呼称していたが、進めるうちに「論文」とは呼びえないものであると気づき、「卒業作品」と改めている。

先述のように SP 演習は生徒10名程度で構成されるグループで行った。従って、そこで作られるシナリオは、共同作業の成果である。しかし、個人としての努力の跡も残しておきたいと考え、卒業作品は共同執筆部分と、個人執筆部分の2種類が合わさるような形式のものとした。具体的には以下のような形である。

序論（共同執筆部分）

- ・トピックの紹介、トピック選定理由、2軸の紹介、4象限シナリオ概要

本論 第一章（共同執筆部分）

- ・トレンドの動向

第二章（共同執筆部分）

- ・2軸の選定理由

第三章（個別執筆部分）

- ・班のトピックから派生して個人的な問題提起を行い論述

結論（個人執筆部分）

- ・本論第三章の問題提起に対する答えをまとめる

こういった複雑な構成にしたのは、特色型の入試などが増える中、個人としての卒業作品を提出する必要が生じた際に、切り取りやすくするためである。本冊子の作品については、班全員のものを掲載したため、序論・本論第一章・本論第二章の後に、本論第三章と結論が班の構成員の分だけ繰り返される形となっている。

## 編集後記

清風南海高等学校  
SGH プロジェクトチーム

SP 各班の論文作成が佳境を迎えたものの、総ページ数すら確定しないまま、この冊子の構想・編集作業を開始した。受験の足音が間近に迫ってくる時期になって、ようやく全体像が確定し、生徒たちは時間をやりくりして最後の仕上げに入った。結局、センター試験後にも英文のサマリーの校正作業を行わざるを得なくなってしまった。これも、SGH のようなプロジェクトに選ばれた者の運命ではあるが、「試練を乗り越えて強くなる」姿を体現してほしいものである。

この 1 冊で本校 SGH の主軸たる SP、1 期生の活動の全体像がつかめるものになっておれば、幸いである。一方、学校や教員側の課題は、SP 実施にあたっての「マニュアル」の整備ということになる。今回、その基盤となるものをこの冊子によって提示することができた、と考えている。

今後、後に続く生徒・教員がどんな素材で、どんな内容の SP を実施してくれるか、大いに楽しみである。高校生にとっては超えるべきハードルの高い SP ではあるが、その困難を乗り越えた先にある高い峰々をグローバルコースの後輩諸君が等しく体感することを期待して止まない。

平成 29 年度 スーパー グローバル ハイスクール  
SP 卒業論文選

平成 30 年 3 月  
清風南海学園 中学校・高等学校

Tel 072-261-7761

Fax 072-265-1762

<http://www.seifunankai.ac.jp/>



**清風南海学園  
中学校・高等学校**

〒592-0014 大阪府高石市綾園5丁目7番64号  
TEL.072-261-7761(代) FAX.072-265-1762  
URL <http://www.seifunankai.ac.jp>