

本紙の全部又は一部の複写・複製・転載・翻訳並びに磁気又は光記録媒体への入力等を禁じます。
これらの許諾については、電気協同研究会までご照会ください。

電気事業の基本的な考え方 (一般編)

平成 26 年 7 月

一般社団法人 電気協同研究会

はじめに

電気エネルギーシステム（電力システム、電力系統とも呼ばれる）は、電気エネルギー（電力）の発生から消費にいたるシステムのことである。このシステムに関して、地球温暖化への対応、再生エネルギー利用などの電気エネルギー発生への課題、スマートグリッドに代表されるシステムに関する提案、電力システムの自由化などの経済に関わる政策など、多方面からの話題が提供されている。

このような状況で、電気エネルギーシステムに関して、広く一般的な関心が深まり、様々な観点からの議論が盛んである。基本的共通認識なしで議論を進めることは無意味であると考えます。

そこで、今までの電気エネルギーシステムの構築・運用に関する基本的な考え方をまとめ、それを公にしておくことは重要であると考え、ここにまとめるところである。

電気エネルギーシステムから生み出す商品は、電気エネルギーである。商品としての電気エネルギーは、商品量とその必要消費量が瞬時的（秒単位あるいはそれより短い）に等しいことが求められている。このことを同時同量なる言い方がされる。同時同量がなされないと、厳しいときは全停電を引き起こす。このことは、このシステムの本質的特徴であり、システムを安定に運転することは容易でないことが示される。

電気エネルギーの重要性は言うまでもないことである。安全・安心に関しては基準を満足し、その電気エネルギーシステムを安定に運転することを最優先課題とし、その条件の中で経済的に運用することが電気事業者（電力会社）に課せられている。安全・安心に対する基準は、当然、常に見直しが行われなければならない。

電気事業は、電気エネルギーシステムがこういった性質を持っていることに加え、極めて重要な商品であるが故に、発電はもとより、送配電と小売の各々が協調することで、低廉で良質な電気の安全かつ公平な供給を実現してきた。

本書は、電気エネルギーシステムの性質およびその事業の特質に則した技術や設備をベースとした産業である電気事業の現状と課題について、技術的・歴史的な観点を大切に、Q&A方式で平易に解説したものである。一人でも多くの方にこの資料をご覧になっていただくことで、電気事業についての理解を深めていただければ幸いである。

目次

1 電気事業

(1) 電気事業 (なぜ垂直一貫体制なのか?)

- Q 1. 電気事業とは何か? 1
- Q 2. 電気事業の基本的な理念は何か? 2
- Q 3. 電気事業者が守るべき基本的な法律は何か? 3
- Q 4. なぜこれまで電力会社は垂直一貫体制だったのか? 4
- Q 5. なぜ電力会社は地域独占なのか? 5
- Q 6. なぜ電力会社は10社あるのか? 6

(2) 電気料金 (電気料金はなぜ総括原価方式なのか?)

- Q 1. 電気料金制度はどうなっているのか? 7
- Q 2. 総括原価方式とは何か? 8
- Q 3. 総括原価方式では経営努力が働きにくいのではないかと? 9
- Q 4. 燃料価格が変わったら電気料金も変わるのなぜか? 10
- Q 5. 原子力発電所が止まると電気料金が上がるのか? 11
- Q 6. 原子力発電所を廃炉すると電気料金は上がるのか? 12

(3) 電力自由化 (電力自由化はどのように進んでいるのか?)

- Q 1. なぜ電気事業の自由化がはじまったのか? 13
- Q 2. 今は全面的な自由化になっていないようだが? 14
- Q 3. 今の段階の自由化は競争が進んでいないといわれるが? 15
- Q 4. 電気料金の推移は? 他の公共料金と比べてどうか? 16
- Q 5. 全面的な自由化になると電気料金は下がるのか? 17
- Q 6. 自由化に発送電分離が必要なのはなぜか? 18
- Q 7. 全面自由化になると選んだ会社や住んでいる場所などで料金、品質などのサービスは変わるのか? 19

2 系統運用

(1) 需給調整 (需要と供給のバランスはどのように保つのか?)

- Q 1. 電気はどのように需要家に送られるのか? 20
- Q 2. 需給バランスが崩れたらどうなるのか? 21
- Q 3. 需給バランスはどのように保つのか? 22
- Q 4. 電気は蓄えられないのか? 23
- Q 5. 供給予備力はどのように確保しているのか? 24
- Q 6. 周波数の変動が大きいとどうなるのか? 25
- Q 7. 周波数はどのように調整しているのか? 26

(2) 電力品質 (電力品質とはどういうものか?)

- Q 1. 電力品質とはどのようなものか? 27
- Q 2. 電力品質が悪くなるとどうなるのか? 28
- Q 3. 電力品質はどのように保つのか? 29
- Q 4. 停電はどのような時に起きるのか? 30
- Q 5. 日本は海外に比べて停電が少ないのか? 31
- Q 6. 瞬時電圧低下とは何か? 32
- Q 7. 電力システム改革が進展した際、安定供給に支障が生じないのか? 33

3 発電

(1) 電源開発 (電源開発に考慮することは?)

- Q 1. なぜ大規模発電所は沿岸部の需要から離れた地域にあるのか? 34
- Q 2. 発電所の新設にあたり、何を考慮しているのか? 35
- Q 3. 電源開発にはどの程度の時間とコストがかかるのか? 36
- Q 4. 電源開発にあたり、地球環境問題に対してどのような取組みを実施しているのか? 37

(2) 電源種別 (最適な電源構成(ベストミックス)とは?)

- Q 1. なぜ電源種別ごとのバランスを考える必要があるのか? 38
- Q 2. 電源種別ごとの発電コストはどの程度か? 39
- Q 3. 東日本大震災以降、原子力発電所の安全性はどのように確認されているのか? 40
- Q 4. 原子燃料サイクルの確立がなぜ必要なのか? 41
- Q 5. 原子力発電所の使用済核燃料の処理は今後どうするのか? 42
- Q 6. 運転を終了した原子力発電所はどうするのか? 43

(3) 分散型電源 (再生可能エネルギー普及の課題は?)

- Q 1. 大規模集中型電源と小型分散型電源のメリット、デメリットは? 44
- Q 2. 再生可能エネルギーにより日本全体の電力供給を賄うことはできないのか? 45
- Q 3. 再生可能エネルギーの固定価格買取制度とはどういうものか? 46
- Q 4. 日本で再生可能エネルギーの普及が進んでいないのはなぜか? 47

4 電力流通

(1) 送電方式 (なぜ交流送電なのか?)

- Q 1. なぜ交流送電が採用されているのか? 48
- Q 2. なぜ高い電圧で送電しなければならないのか? 49
- Q 3. なぜ日本は50Hzと60Hzがあるのか? 50
- Q 4. 日本の周波数を統一できないのか? 51
- Q 5. なぜ一部で直流送電が採用されているのか? 52
- Q 6. 電力系統の短絡容量が大きくなると、どのような影響があるのか? 53

(2) 広域連系 (送電線は全国でつながっているのか?)	
Q 1. これまで電力会社はどのような考え方で地域間連系線を整備してきたのか?	54
Q 2. 地域間連系線の使用状況の推移はどのようになっているのか?	55
Q 3. 海外とは系統連系しないのか?	56
Q 4. 競争を促進するために、地域間連系線を増設すべきではないか?	57
(3) 送電線利用 (発電事業者が送電線利用にあたっての課題とは?)	
Q 1. 接続検討とはどのようなことをするのか?	58
Q 2. 送電線を利用するにあたって、どのような制約条件があるのか?	59
Q 3. 送電線の建設には、どの程度の時間とコストがかかるか?	60
Q 4. 託送料金の内訳は? 推移は?	61
Q 5. 電力会社はスマートグリッドに対して、どのような取組みを実施しているのか?	62

<補足>

本誌は2014年6月末現在の事実・情報に基づき掲載しています。

QAマップ

1 電気事業

- (1) 電気事業 (なぜ垂直一貫体制なのか?)
- (2) 電気料金 (電気料金はなぜ総括原価方式なのか?)
- (3) 電力自由化 (電力自由化はどのように進むのか?)

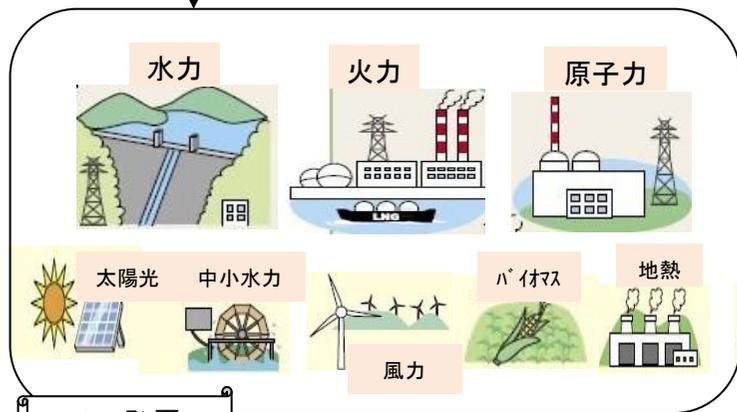
2 系統運用



- (1) 需給調整 (需要と供給のバランスはどのように保つのか?)
- (2) 電力品質 (電力品質とはどういうものか?)

(監視・指令)

(監視・指令)

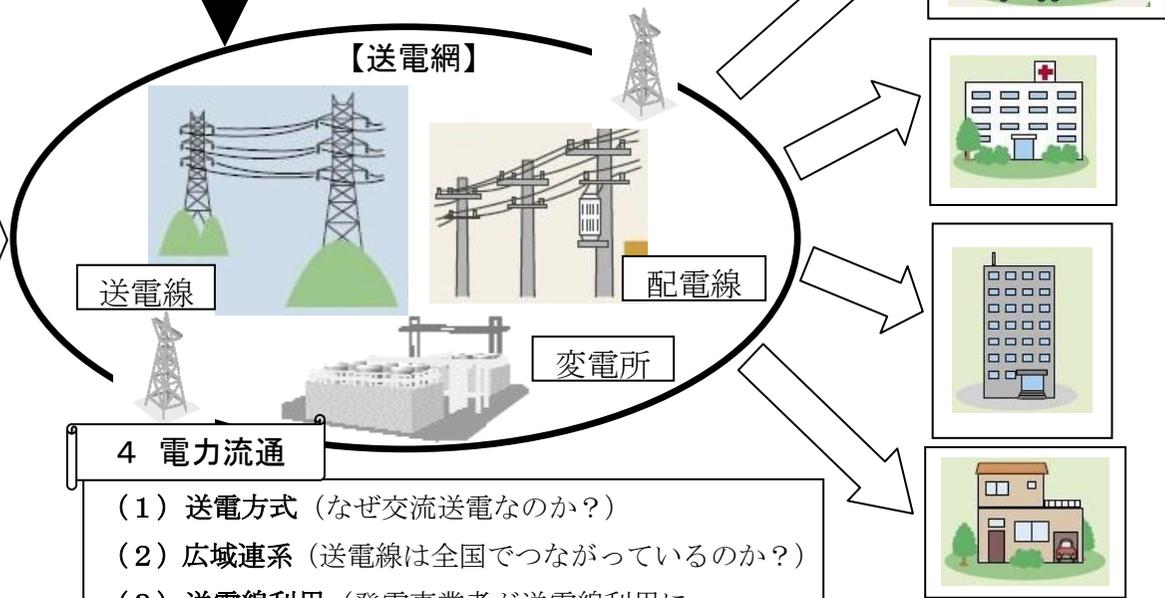


3 発電

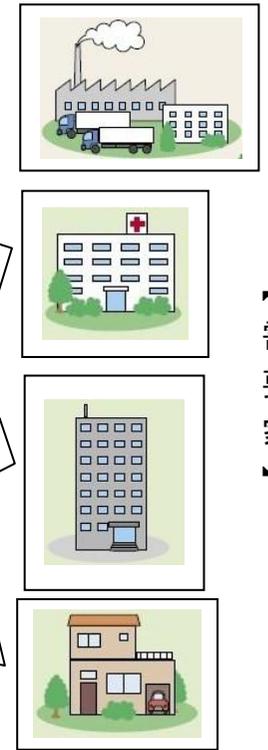
- (1) 電源開発 (電源開発に考慮することは?)
- (2) 電源種別 (最適な電源構成 (ベストミックス) とは?)
- (3) 分散型電源 (再生可能エネルギー普及の課題は?)

4 電力流通

- (1) 送電方式 (なぜ交流送電なのか?)
- (2) 広域連系 (送電線は全国でつながっているのか?)
- (3) 送電線利用 (発電事業者が送電線利用にあたっての課題とは?)



【需要家】

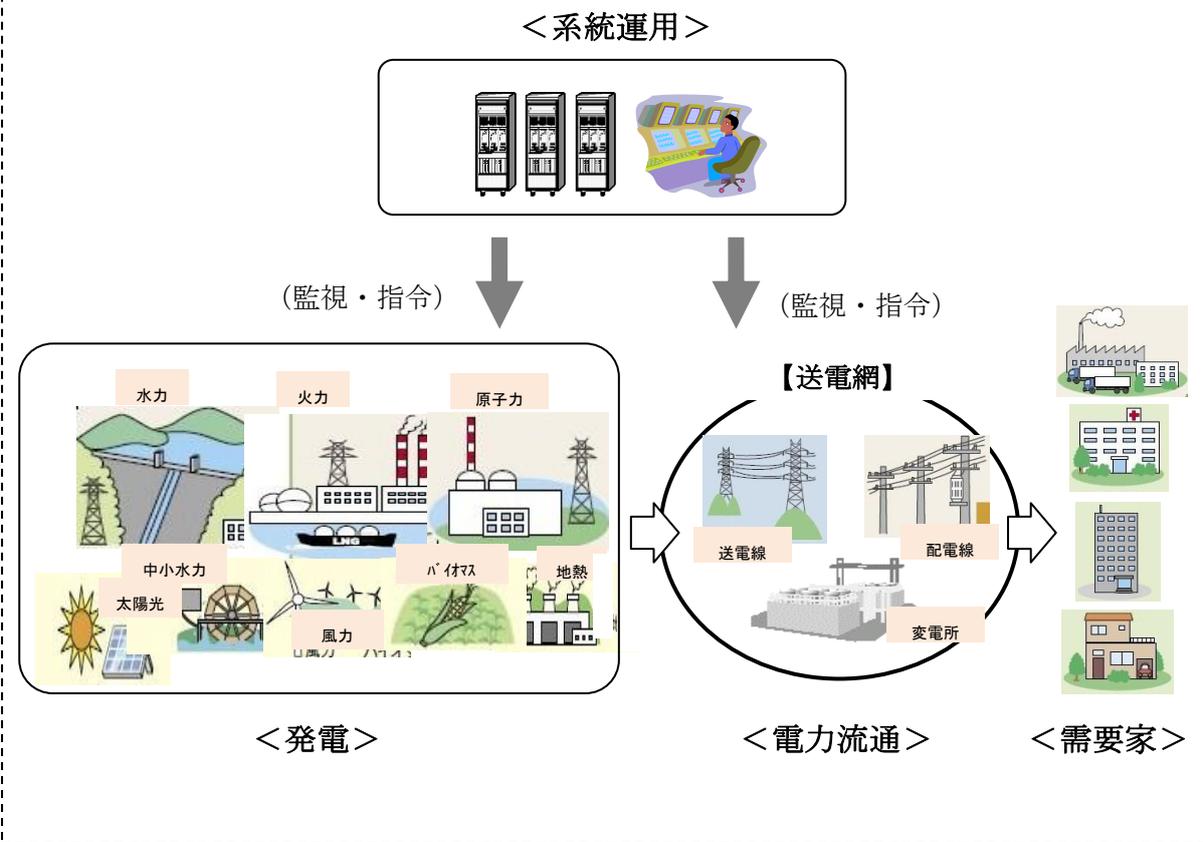


1. 電気事業（1）電気事業

【質問】 Q 1. 電気事業とは何か？

【回答】

- ・ 電気事業とは、需要家（電気の利用者）の電気を使用する状況に応じて、電気を供給する事業をいいます。
- ・ 事業の分野としては、商品となる電気を生産（発電）する、輸送する（電力流通）、そして需要家へ販売する（小売り）といったものから成り立っています。また電気はその性質上、生産されるとただちに消費（使用）されます。このため、需要家の使用状況に合わせて電気の生産や輸送を調整すること（系統運用）も必要となります。



【質問】 Q2. 電気事業の基本的な理念は何か？

【回答】

・エネルギー政策の基本理念は、エネルギー基本計画（平成26年4月）によると、3E+Sといえます。そこでは、「エネルギーは人間のあらゆる活動を支える基盤である。安定的で社会の負担の少ないエネルギー供給を実現するエネルギー需給構造の実現は、我が国が更なる発展を遂げていくための前提条件である。」また、「エネルギー政策の要諦は、安全性（Safety）を前提とした上で、エネルギーの安定供給（Energy security）を第一とし、経済効率性の向上（Economic Efficiency）による低コストでのエネルギー供給を実現し、同時に、環境への適合（Environment）を図るため、最大限の取組を行うことである。」と記載されています。

つまり、安全性を確保したうえでエネルギーの安定供給を最優先事項として、そのうえで経済効率性や環境性を追求することといえます。

- ・ [電気事業法](#)を照らし合わせると、電気事業の基本理念は、公正で合理的な経営を行うことで低廉で安定的な電力を供給すること、公衆保安と環境保全を図ることといえます。
- ・ 東日本大震災以降は、特に原子力について安全確保が大前提であることが再認識され、需給ひっ迫に伴う電力供給不安の解消、つまり安定供給が最優先課題になっています。
- ・ また、需要者が事業者を選択できるエネルギー選択の自由を求める声もあり、選択と競争をベースとした[電力システム改革](#)が議論されています。

【解説】

・ 東日本大震災後、原子力利用停滞により電力供給の不安を抱えた中、地域を超えた広域的な系統運用、競争の促進による電気料金の最大限の抑制、分散型電源など多様な電源の活用、需要家の多様なニーズに応じたサービスの提供、それによる需要変化に応じた効率的な供給など、従来の電力供給体制では柔軟性のある電力供給に十分に対応できなかったことから、現在、選択と競争をベースとした[電力システム改革](#)が国レベルで議論されています。

ただし、安定的な電力供給を確保するためには、[米国カリフォルニア州の電力危機](#)などの教訓を踏まえて制度設計を行っていく必要があります。

・ また、原子力発電所の停止に伴い、震災前と比べて化石燃料の輸入が増加し、エネルギーコストの上昇と温室効果ガス排出量の増大が大きな課題になっています。

（参考文献：「エネルギー基本計画（平成26年4月）」）

1. 電気事業（1）電気事業

【質問】 Q3. 電気事業者が守るべき基本的な法律は何か？

【回答】

- ・電気事業者に遵守が求められている法律に「電気事業法」があります。
- ・この「第一章第一条」に電気事業法の目的が記載されています。
「この法律は、電気事業の運営を適正かつ合理的ならしめることによって、電気の使用者の利益を保護し、及び電気事業の健全な発達を図るとともに、電気工作物の工事、維持及び運用を規制することによって、公共の安全を確保し、及び環境の保全を図ることを目的とする。」

【解説】

- ・電気事業法が初めて制定されたのは明治44年のことです。明治19年に初の電気供給事業会社が生まれてから、明治24年に制定された「電気営業取締規則」に基づいていたのですが、これは保安取締が目的の法律であったため、当時の情勢から、電気事業の発展促進を目的とした「電気事業法」が制定されることとなり、その後、電気事業は飛躍的に発展しています。
- ・戦後、現在の9電力会社（沖縄電力を除く）に再編され、地域ごとに発電から送配電まで一貫して電力を供給する体制となり、電気事業は地域単位での公益事業としての役割が強まります。これに伴い、昭和39年、電力会社を規制する内容が中心となった、電気事業法が改めて制定されることとなりました。
- ・例えば、電力の供給計画や設備の設置計画などを国に提出すること、さらには利用者を保護するために電圧や周波数を維持することなどが義務付けられています。
- ・現在の電気事業法は、この昭和39年に制定されたものがベースになっています。
(ただし、その後の電力の小売部分自由化等に伴い、電気事業法は何回か改正されています。)

【質問】 Q 4. なぜこれまで電力会社は垂直一貫体制だったのか？

【回答】

- ・現在、日本では各電力会社が発電から送配電および小売に至るまでを一貫運営し、その地域の顧客に電力を供給していますが、この 9 電力体制が始まったのは戦後の昭和 26 年のことです。（昭和 47 年設立の沖縄電力を含めると 10 電力体制）
- ・それまでは、戦時中に電気事業が国家管理となり、国策会社（特殊法人）である日本発送電が発電と送電を所有し、配電は全国を 9 つに分けた配電会社が担っていました。
- ・戦後、電気事業再編成の議論では、公営か民営か、発送配電一体か分割か、全国一体か地域分割か等を巡って、様々な提案がなされ議論は紛糾しましたが、最終的に、「[ポツダム政令](#)」により、電気事業再編審議会会長で「電力の鬼」と呼ばれる松永安左エ門の案（地域別民営 9 社による発送配電一貫経営）が実現することになりました。
- ・現在の電気事業では、垂直一貫体制（発送配電一貫経営）により、長期的な観点から電力需要に見合った発電設備および送配電設備を合理的に設備形成し、安定的な電力供給を実現してきたといえます。

【解説】

- ・松永安左エ門は、昭和 26 年に 9 電力体制となる 20 年も前に「[電力統制私見（昭和 3 年）](#)」という形で既にこうした考えを発表しており、そこでは、電力需給における食い違いや会社の利害が異なることでの弊害を避けるため、小売会社と発電会社の合併を提唱しています。
- ・実際、国家管理時代において、発送電事業と配電事業との分断の結果として、電力供給に関する企業の意思決定の遅れや両者の意思の調整に労力を要するなどの弊害があったと言われています。
- ・現在の[垂直一貫体制により実現しているメリット](#)には次のようなものがあるといえます。
 - 発電設備に見合った送電網の一体的形成による経済合理性
 - 適正な電力品質の維持（安定的に維持できないと大規模停電の可能性あり）
 - 供給力確保と設備保全が両立する作業計画調整
 - 災害時における連携のとれた早期復旧
- ・一方、電力自由化の進展に伴い、公共インフラとしての要素が強い送配電設備のより一層の中立性を求める声が大きく、現在、発送電分離の議論もされています。

【質問】 Q 5. なぜ電力会社は地域独占なのか？

【回答】

- ・現在の9電力体制（沖縄を含むと10電力）に至った経緯は【質問】Q4の回答のとおりであり、電気事業が公益事業という観点から、供給区域の独占という方針でスタートしています。
- ・この背景は、大正後期から昭和初期にかけての激しい電力市場競争、いわゆる5大電力の「電力戦」による電力会社の疲弊によるものといえます。
- ・これは、第一次世界大戦後、好景気に伴う電力需要急増に合わせ、各社とも大規模な電源開発に取り組んだものの、完成時には長期不況に入り膨大な余剰電力を抱えることとなったため、企業の存亡をかけた無謀にも等しい販売競争を展開することとなり、その結果、過剰投資、料金の引き下げ等により各社の業績は軒並み悪化し、国民経済的にも軽視できない状況になったというものです。
- ・こうした経緯をふまえ、豊富で低廉な電力供給という社会的要請に応えるため、設備の重複投資、利用率低下を避けることによる原価の低減、電気事業者の安定的な利潤確保を目的として、供給区域独占と公益規制強化をセットとした電気事業法の改正が昭和7年に施行されました。
- ・現在の電気事業制度では、部分的に小売が自由化されていますが、非自由化対象において供給義務を負うことを前提に地域独占を認めています。

【解説】

- ・平成11年度に行われた電気事業制度改革により小売部分自由化が導入された以降、現在は特別高圧および高圧50kW以上の需要家に対する電力販売は自由化されており、非自由化対象の需要家は低圧のみとなっています。
- ・自由化対象の需要家は電気事業者を選択できることから、電力会社は供給義務を負わないものの、いずれの電気事業者とも契約交渉が合意できない場合もありうるため、最終保障の義務が課せられています。

【質問】 Q 6. なぜ電力会社は 10 社あるのか？

【回答】

- ・現在の 9 電力体制（沖縄を含むと 10 電力）に至った経緯は、[【質問】 Q 4](#) の回答のとおりです。
- ・電力国家管理時代、政府は配電会社が 7% 配当できるような水準に日本発送電の卸売り料金を調整し、日本発送電の赤字は配当補給金として補填していました。いわゆる、プール計算方式のため、業績のよい会社の卸売り料金は高く、逆に業績が悪い会社への料金は安くすることから、事業経営の自主性を喪失させる結果となりました。
- ・経営の自主性を確保するため、現在は沖縄電力を含んだ地域別民営 10 社の体制となっています。10 社がそれぞれ独立して決算を行うことから、サービス面や料金面で常に比較される立場におかれ、相互に競争しながら経営合理化に取り組む体制となりました。

【解説】

- ・戦後の電気事業再編成の議論では、現在の 9 ブロック（北海道、東北、東京、中部、北陸、関西、中国、四国、九州）以外に、7 ブロック案や 10 ブロック案などが提案されましたが、最終的には、電気事業再編審議会会長であった松永安左エ門の案が実現しています。
(7 ブロック案 : 北海道、東北、関東、関西（中部、北陸を含む）、中国、四国、九州)
(10 ブロック案 : 9 ブロック + 内信越地区を 1 ブロックとして独立)
- ・この 9 ブロック体制については、既に前述の「[電力統制私見（昭和 3 年）](#)」においても記載されており、各ブロックにて責任をもって電力供給を行うという考え方が既にあったようです。

1. 電気事業（2）電気料金

【質問】 Q 1. 電気料金制度はどうなっているのか？

【回答】

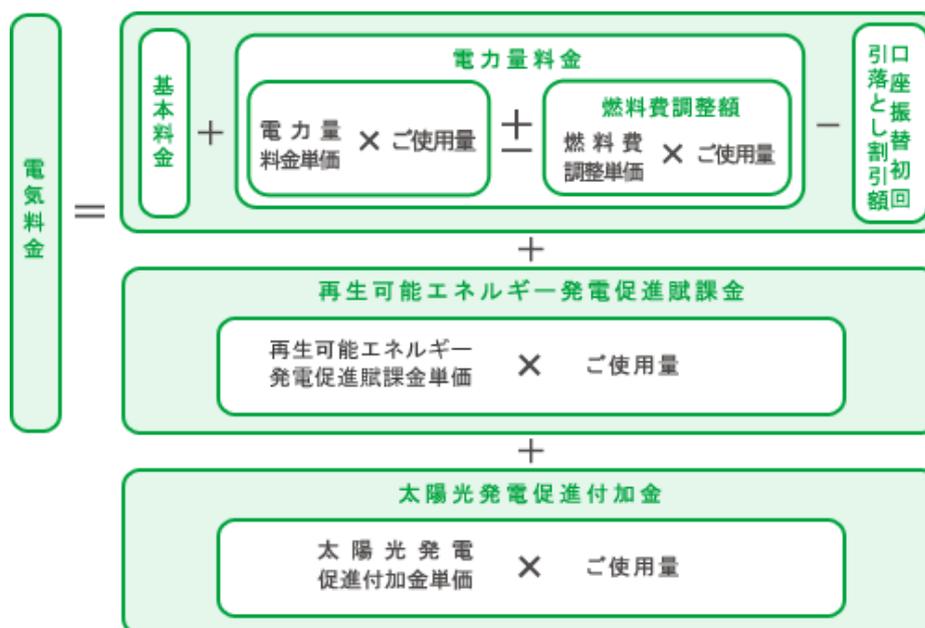
- ・ 低圧受電の需要家を除くすべての需要家（特別高圧、高圧受電で 50kW 以上）は平成 17 年 4 月から自由化されており、事業者を選択し契約により電気料金が決められています。
- ・ 官公庁や地方公共団体では、電力調達入札を行ったり、環境面を評価した随意契約締結している例もあります。民間企業でも複数の事業者の電気料金を比較検討の上、契約している場合もあります。
- ・ 一般の家庭など低圧受電の需要家については、各地域の一般電気事業者（電力会社）に[供給義務](#)があり、国による審査、認可により電気料金が決められています。
- ・ 具体的には、「電気の利用者に対する公平の原則」、「公正報酬の原則」、「原価主義の原則」という 3 つの原則にのっとり、厳格な基準のもと慎重な手続きを経て決められています。
- ・ また、自由化対象の収益動向が、自由化対象以外に影響を及ぼさないよう、各地域の一般電気事業者は別々に収支を作成し、国に提出することを義務付けられています。

【解説】

・ 電気料金の構成

電気料金は、契約の大きさに応じて計算する「基本料金」と、使用量に応じて計算する「電力量料金」の合計から「口座振替初回引落とし割引額」※を差し引いた金額に、「[再生可能エネルギー発電促進賦課金](#)」と「[太陽光発電促進付加金](#)」を加えたものになります。

（※口座振替初回引落とし割引の対象となる料金メニューの場合）



（出典：中部電力ホームページ（電気料金のしくみ））

1. 電気事業（2）電気料金

【質問】 Q2. 総括原価方式とは何か？

【回答】

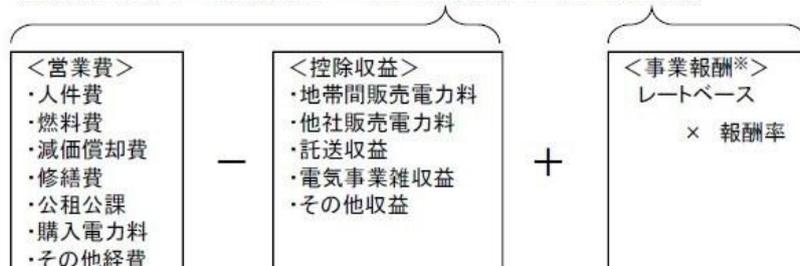
- ・総括原価方式とは、将来のある一定期間をみて、予想される電気の使用量と必要となる設備を想定し、能率的な経営が行われることを前提に、必要となる適正な原価に適正な利潤を加えたものを総括原価として電気料金を算定する方式です。ここでいう適正な利潤とは、一般にいう「儲け」ではなく、株主への配当や社債の利息といった資金の調達にかかると想定されるコストとされています。
- ・電気は瞬間瞬間の生産と消費を一致させる必要があり、発電設備の万一の故障や猛暑などによる消費の急増においても安定して電気を使用できるよう、電気の消費を予測してそれを上回る発電設備を用意しておく必要があります。また、一軒一軒の需要家へ電気を届けるための送電線、変電所、配電線などの設備（流通設備といいます）も用意する必要があります。
- ・発電所や電力流通設備は、建設に数年、数十年といった長い時間を要し、そして、数十年、長いものでは半世紀といった間、保守、補修をしながら利用することとなり、電気事業は典型的な設備産業といえます。
- ・このため、長期的で多額の投資とその安定的な回収が不可欠であり、これがままならないと事業そのものが滞り、電気の利用に支障が生じかねません。そこで、資金の確実な投資と着実な回収のため、供給責任と合わせて導入されたのがこの方式です。
- ・この方式はかかる費用を全て料金に認めるのではなく、あるべき適正な費用しか認めないといったもので、経営努力によって効率的な経営を行った状態での費用回収しか認めないものとなっています。万一、非能率的な経営を行えば赤字にもなるといえます。
- ・この方式は、国の審議会における有識者の議論を経て採用されており、電気料金の他、ガス料金、水道料金等にも適用されています。

【解説】

電気料金の総括原価イメージ

- 前提計画に基づき、将来の合理的な期間(原価算定期間)を対象に「適正な原価」と「適正な利潤」を想定

$$\text{電気料金収入} = \text{総括原価} = \text{「適正な原価」} + \text{「適正な利潤」}$$



(レートベース方式)

- ・電気事業の能率的な経営のために必要かつ有効であると認められる投下した資産の価値に対して一定の報酬率を乗じて算定
- ・事業報酬※は「儲け」でなく、電気事業設備に必要な資金調達コストにあたるものであり、支払利息や配当金に相当

1. 電気事業（2）電気料金

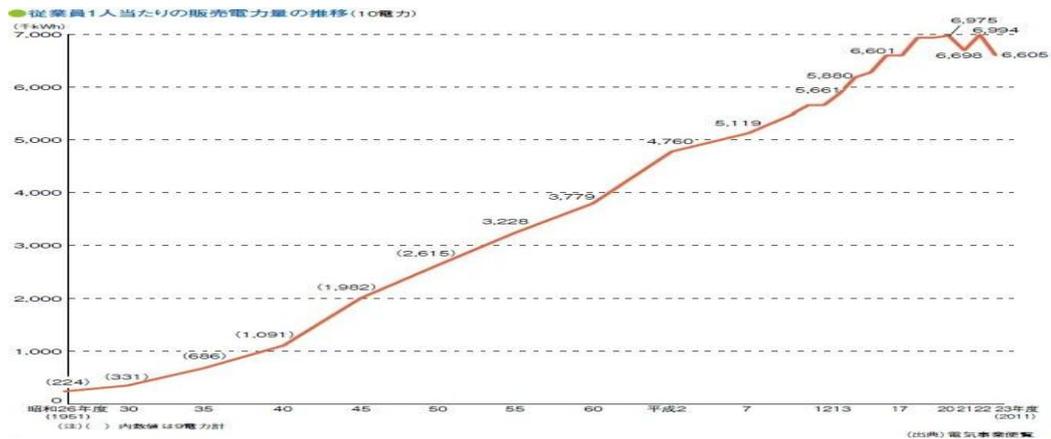
【質問】 Q3. 総括原価方式では経営努力が働きにくいのではないか？

【回答】

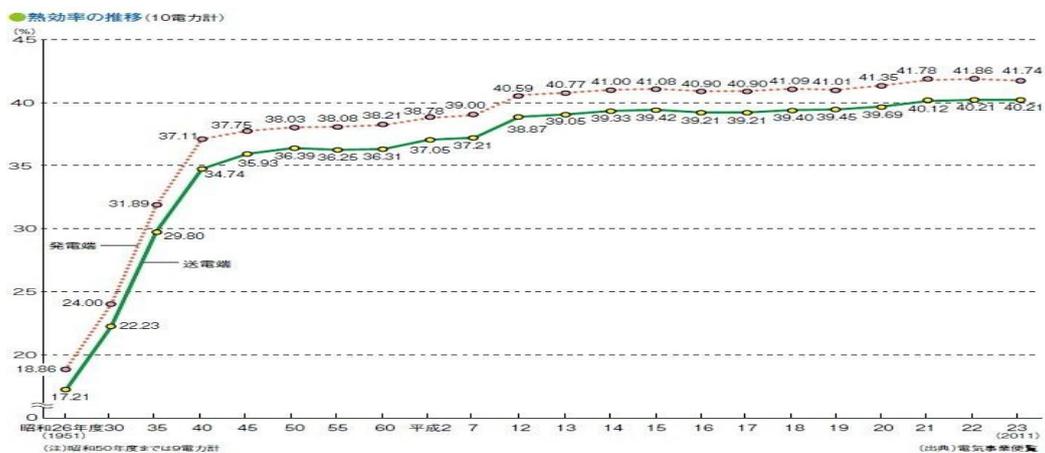
- ・ 低圧受電の需要家を除くすべての需要家（特別高圧、高圧受電で 50kW 以上）は平成 17 年 4 月から自由化されており、各地域の一般電気事業者（電力会社）を含め、各事業者は自由化対象となっている需要家に選ばれるようにさまざまな努力を行っています。
- ・ 一般の家庭など低圧受電の需要家は、各地域の一般電気事業者に供給義務があり、長期にわたり安定して、適正なものとなるよう国の厳格な基準のもとで慎重な手続きを経て、電気料金が決定されています。電気料金の算定にも用いられる総括原価方式は、能率的な経営を行うことが前提となっており、各地域の一般電気事業者は毎年経営効率化計画を作成、公表するなど情報公開に努め、広く需要家の理解を得つつ、一層の効率化を推進する仕組みも導入されています。

【解説】

- ・ 一般電気事業者の従業員 1 人あたりの販売電力量（平成 26 年の 30 倍に）



- ・ 火力発電所の熱効率の推移（昭和 26 年 約 18% → 平成 23 年 約 41%）



(出典：電気事業連合会「INFOBASE 2012」)

1. 電気事業（2）電気料金

【質問】 Q 4. 燃料価格が変わったら電気料金も変わるのなぜか？

【回答】

- ・ 為替レートの変動など、経済情勢の変化により、海外から輸入される石油、石炭、LNGといった火力発電所の燃料価格も変動します。この燃料費の変動に応じて自動的に電気料金を調整する制度（燃料費調整制度）が平成8年1月以降、一般電気事業者（電力会社）に導入されています。
- ・ 燃料費の変動に伴って、電気料金を定期的に調整することにより、経済情勢の変化をできる限り迅速に料金に反映することができ、また燃料費の変動については別に扱われるため、一般電気事業者の経営効率化の成果も明確化されます。
- ・ この燃料費の変動に伴う電気料金の調整は、決められたルールのもと、値上げだけでなく値下げも同様に算定されます。
- ・ 平成21年5月分からは、燃料費の変動をより迅速に反映させるとともに、電気料金の急激な変動を緩和するため次のように制度が見直されています。
 - 燃料価格が燃料費調整単価に反映されるまでの期間の短縮（3ヶ月→2ヶ月）
 - 燃料費調整単価の変更頻度変更（3ヶ月ごと→1ヶ月ごと）
 - 燃料価格の変動が基準価格の調整±5%程度の範囲にとどまる場合に調整を行わなかったものを廃止

【解説】

- ・ 燃料費調整制度のイメージ図

<料金反映の仕組み>3ヶ月分の平均燃料価格を各月に反映

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
平均燃料価格			料金反映					
平均燃料価格		料金反映		料金反映				
平均燃料価格	料金反映	料金反映	料金反映					

1. 電気事業（2）電気料金

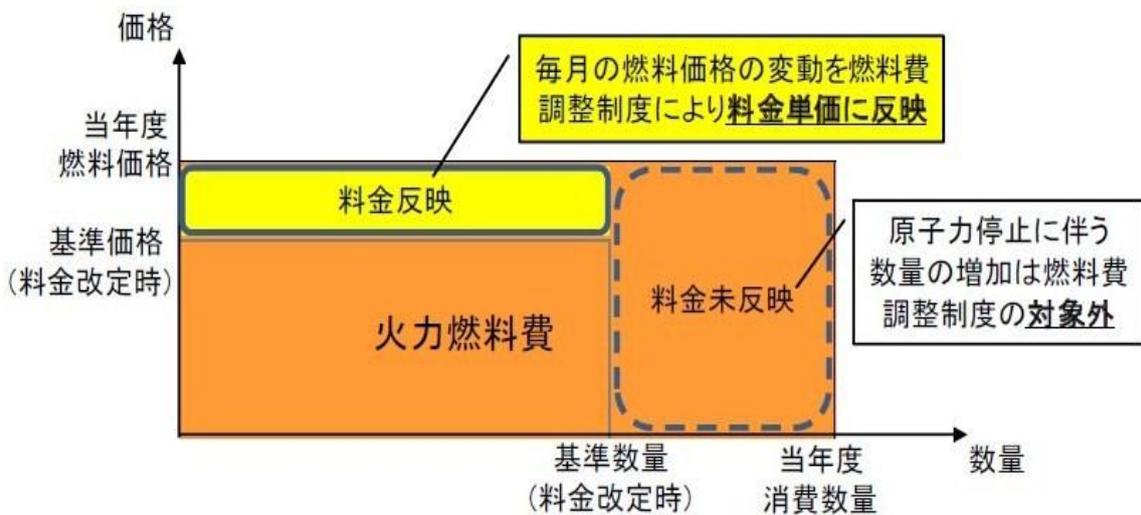
【質問】 Q5. 原子力発電所が止まると電気料金は上がるのか？

【回答】

- 原子力発電は、運転中の燃料費が低いため、一日をとおして一定の出力で運転され、各地域の一般電気事業者（電力会社）のベース電源を担っています。電気料金の算定時に想定した稼働状況を下回ると、他の発電所での発電増加によって補われ、一般的に原子燃料より他の発電所での燃料の方が価格が高いため、日々の発電費用は増加します。この燃料増分は**燃料費調整制度**の対象ではないので、すぐには電気料金へ反映されません。その差額に対して経営努力による対応が必要になるといえます。
- 電気料金の改定**が行われる際は、改定時の想定で改定前に比べ、原子力発電による発電量が下がる場合、一般的に原子燃料より、他の発電所での燃料の方が価格が高いため、日々の想定発電費用は増加するといえます。この燃料費の増分は**総括原価**に反映され、電気料金へも反映されることとなります。

【解説】

- 火力発電燃料費の影響概略図



1. 電気事業（2）電気料金

【質問】 Q 6. 原子力発電所を廃炉すると電気料金は上がるのか？

【回答】

- ・生活や産業活動に欠かせない電気が長期にわたり安定して適正な価格となるよう、各地域の一般電気事業者（電力会社）では、電気の安全、安定、安価な供給を念頭に、長期的な見通しを基にして、事業が進められています。
- ・一般電気事業者の電気料金は、能率的な経営が行われることを前提に、事業を行うために必要とされる適正な原価に適正な利潤を加えた総括原価より算定されますが、この将来の電気の需要の予測やそれに対する供給の計画に基づく事業の見通しに、最大限の効率化努力を織り込んで算出されています。
- ・見通しに基づく計画的な廃炉である場合は、通常急なかつ大きな価格変動は生じません。逆に、見通しが崩れると急なかつ大きな価格変動が生じる可能性もあります。

【解説】

・電気事業法（抜粋）

第十九条 一般電気事業者は、一般の需要（特定規模需要を除く。）に応ずる電気の供給に係る料金その他の供給条件について、経済産業省令で定めるところにより、供給約款を定め、経済産業大臣の認可を受けなければならない。これを変更しようとするときも、同様とする。

2 経済産業大臣は、前項の認可の申請が次の各号のいずれにも適合していると認めるときは、同項の認可をしなければならない。

一 料金が能率的な経営の下における適正な原価に適正な利潤を加えたものであること。

・一般電気事業供給約款料金算定規則（抜粋）

第 二条 法第十九条第一項の規定により定めようとする、又は変更しようとする供給約款で設定する料金を算定しようとする一般電気事業者（以下「事業者」という。）は、四月一日又は十月一日を始期とする一年間を単位とした将来の合理的な期間（以下「原価算定期間」という。）を定め、当該期間において電気事業を運営するに当たって必要であると見込まれる原価に利潤を加えて得た額（以下「原価等」という。）を算定しなければならない。

1. 電気事業（3）電力自由化

【質問】 Q 1. なぜ電気事業の自由化がはじまったのか？

【回答】

- ・生活や産業活動に欠かせない電気は、戦後、整備された[電気事業の体制](#)、[制度](#)により、増加する電気の使用に対し、着実に生産、販売体制が整備され、日常ほとんど停電を経験しなくてもよくなりました。
- ・平成の時代に入りバブル経済が崩壊。これまで右肩上がりできた日本経済にも転換点がおとずれ、電気の使用の伸びもこれまでと違って緩やかなものへと変化し始めました。
- ・日本の経済の転換点にあたり、さまざまなコスト構造が海外と比較され電気事業においてもこれまで成果を上げてきた制度を見直し、これからの電気事業には更に競争原理を導入して経営効率化をより促すべきとなり、平成 7 年に 31 年ぶりに電気事業法が大きく改正されて、制度の改革が始まりました。電気事業者も前向きに改革の検討・対応を試みています。

【解説】

- ・現時点までの電気事業制度改革の推移
 - 第 1 次制度改革（1995 年（平成 7 年））
 - *卸電気事業の参入許可を原則として撤廃し、電源調達入札制度を創設して、発電部門において競争原理を導入
 - *特定の供給地点における電力小売り事業を制度化
 - 第 2 次制度改革（1999 年（平成 11 年））
 - *特別高圧需要家（原則、契約電力 2,000kW 以上）を対象として部分自由化を導入
 - 第 3 次制度改革（2003 年（平成 15 年））
 - *高圧需要家（原則、契約電力 50kW 以上）まで部分自由化を拡大
 - *全国大の卸電力取引市場を整備
 - 第 4 次制度改革（2008 年（平成 20 年））
 - *卸電力取引所の取引活性化に向けた改革
 - *5 年後を目途に範囲拡大の是非について改めて検討

（出典：資源エネルギー庁「電力小売市場の自由化について」）

1. 電気事業（3）電力自由化

【質問】 Q 2. 今は全面的な自由化になっていないようだが？

【回答】

- ・販売の分野、いわゆる「小売り」の自由化のあたっては、エネルギーセキュリティーや環境保全等の課題との両立を図りつつ、次を勘案して進める必要があるとされています。
 - 多数の事業者の参加を前提とした電力供給システムの安定性強化のための枠組みの整理
 - 需要家が事業者に関する実質的な選択肢を持ちうるような環境整備
 - 具体的な検討項目
 - * 需要家の選択肢の確保
 - * 供給信頼度の確保
 - * **最終保障**、ユニバーサルサービスの確保
 - * 実務課題（メーターなど）
- ・高圧の需要家は、平成 17 年から自由化となっていますが当時でも、
 - 比較的大口で一定の交渉力を有する
 - メーター等の設置に新たな実務的な課題が少ない
 といったことから先行して実施され現在に至っています。
- ・低圧の需要家については、平成 19 年 4 月より検討がなされましたが、当時は次の背景から全面自由化は望ましくなく、既自由化範囲において競争環境整備に資する制度改革を検討すべきとされました。
 - 需要家の選択肢が十分確保できているとは評価できず、移行してもメリットがもたらされない可能性にある
 - 移行の際生じるコストが社会全体の便益を上回る恐れがある

他

【解説】



注1：契約口数、使用電力量、電力量シェアは平成15年度実績
 注2：沖縄電力供給区域の自由化の範囲は、契約電力2,000kW以上

（出典）電力調査統計月報および電業調査から

（出典：電気事業連合会「INFOBASE 2012」）

1. 電気事業（3）電力自由化

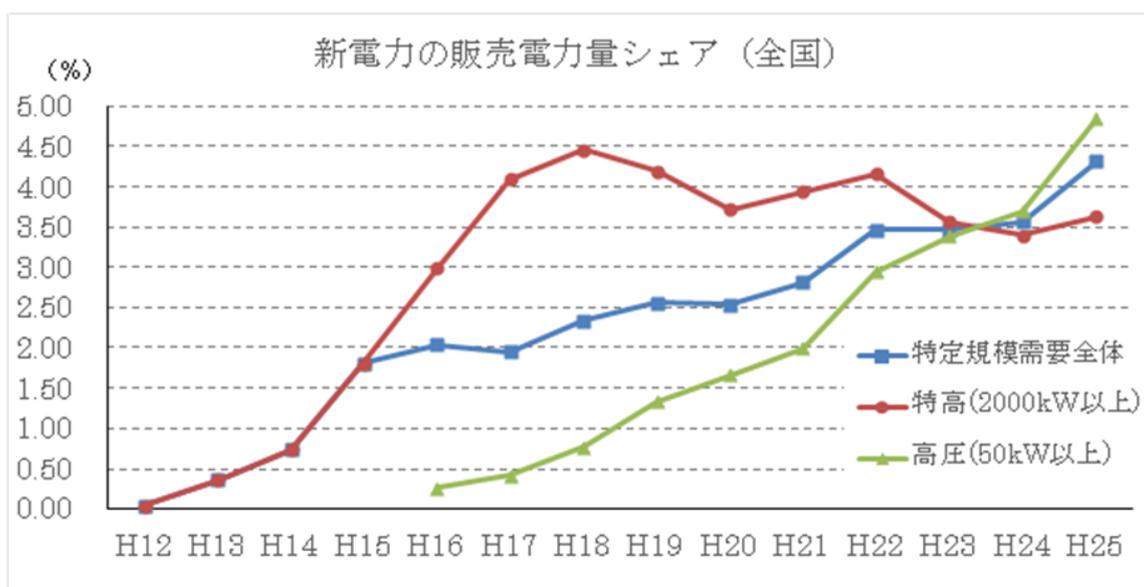
【質問】 Q 3. 今の段階の自由化は競争が進んでいないといわれるが？

【回答】

- ・販売の分野、いわゆる「小売り」の自由化は、平成 12 年 3 月以降順次範囲が広げられ、平成 17 年 4 月からは一般の家庭など低圧受電の需要家を除く全ての需要家（特別高圧、高圧受電で 50kW 以上）が対象となっています。これは日本の年間の総販売電力量の約 62%にあたります。
- ・新規事業者（新電力）の国への登録数も平成 24 年には 50 件を超え、平成 25 年には 100 件に達しています。
- ・このように小売り分野の競争環境は十分整っており、新電力による販売電力量のシェアは徐々に増加していますが、自由化された需要の内、平成 22 年度で約 3.5%、平成 23 年度 3.6%にとどまっています。また、電力間競争、すなわち、地域を超えた一般電気事業者の小売り（一般電気事業者の区域外供給）も平成 24 年度までに 1 件となっています。
- ・発電の分野、いわゆる「卸売り」については、平成 7 年の火力発電への入札制度導入実施時では一般電気事業者の募集に対し 4~5 倍の応札といった活発な入札も行われ、IPP の累積導入量は平成 22 年 4 月時点で約 660 万 kW にのぼっています。
- ・その後、全国大の卸電力取引市場も整備されましたが、一般電気事業者の発電容量のシェアが 70%以上を占め、卸電力取引市場での取引量も、小売り販売電力量に占める割合は平成 22 年度で約 0.6%にとどまっています。

【解説】

- ・新電力のシェアの推移



（出典：資源エネルギー庁「電力調査統計 平成26年度 総需要速報概要」）

1. 電気事業（3）電力自由化

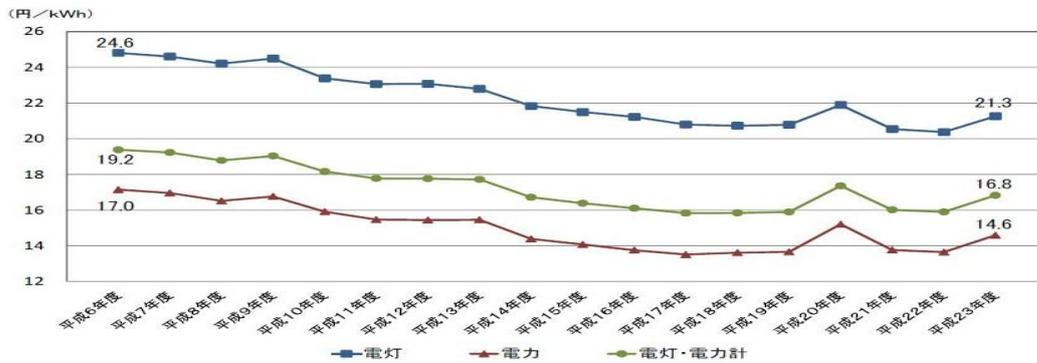
【質問】 Q 4. 電気料金の推移は？ 他の公共料金と比べてどうか？

【回答】

- ・平成7年の制度改革以降、東日本大震災までの間、電気料金は継続的に低下し、電気料金の低廉化が進んでいます。（平成23年度は平成6年度に比べ15%程度の値下がり率）
- ・国内の他の公共料金と比較しても値上がり率の低い商品といえます。（家庭用電気料金は昭和55年に比べ3割程度値下げされています。）

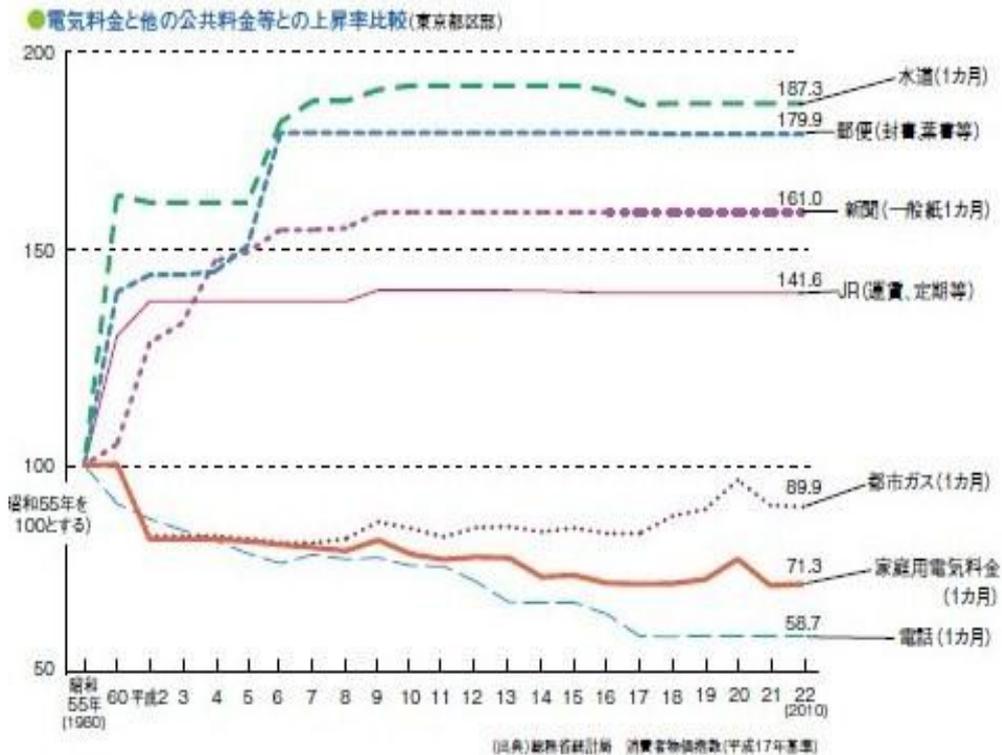
【解説】

- ・自由化開始後の電気料金の推移



(出典：「電力システム改革専門委員会報告書」(平成25年2月))

- ・電気料金の推移（他の公共料金との比較）



(出典：電気事業連合会「INFOBASE 2012」)

1. 電気事業（3）電力自由化

【質問】 Q5. 全面的な自由化になると電気料金は下がるのか？

【回答】

- ・携帯電話のようにさまざまな事業者の契約メニューから個々の需要家が自分に合ったプランを選ぶことができるようになります。
- ・低圧の需要家については国による審査、許可がなくなり、これまで競争が無くても高くなりすぎないようにになっていたともいえますが、天候不順時の野菜の高騰、原油価格・原材料高によるガソリン・商品の値上げのように、電力の不足の局面や燃料費の価格によっては、歯止めなく高騰するかもしれません。
- ・さまざまな電気料金のメニューが登場し選択肢が広がる一方、料金は契約の内容や需要家の利用の状況によることとなるといえます。
- ・実際、電力自由化が進展している欧米においては、様々な事情がありますが、自由化後に電気料金が上昇しています。

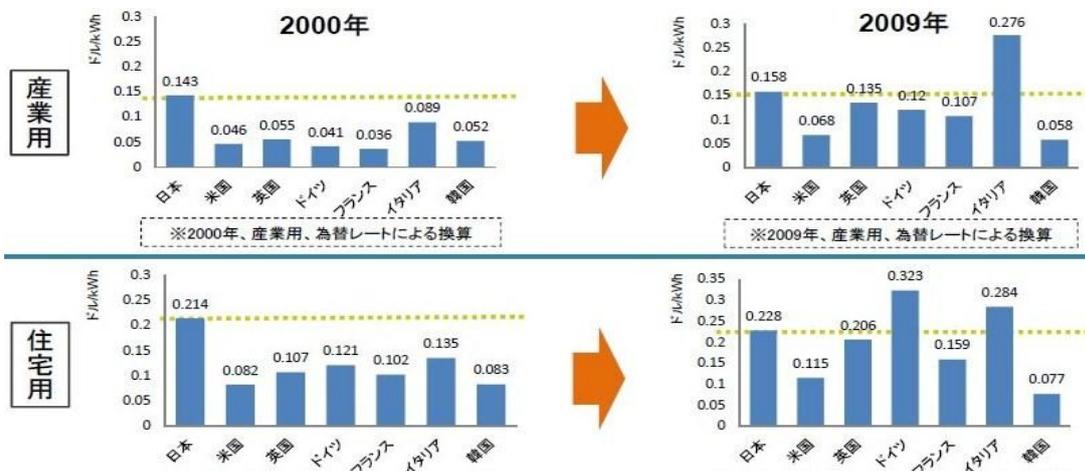
(例：ドイツ住宅用 0.121ドル/kWh (2000年) →0.323ドル/kWh (2009年))

【解説】

- ・海外における電気料金の推移

下図のとおり、電力自由化が進展している欧米諸国においても電気料金が上昇しているという現実があります。

また、日本の電気料金は欧米に比べて決して飛びぬけて高くない水準だといえます。



(出典：資源エネルギー庁「電気料金制度の経緯と現状について」

(電気料金制度・運用見直しに係る有識者会議第1回配布資料))

<補足（一般社団法人 海外電力調査会 ホームページより）>

- ・ドイツでは1998年に全面自由化が実施され、一時、産業用で2～3割低下しましたが、近年は燃料価格の上昇、環境税の引き上げ、再エネ買取コストの増大等の影響により料金水準は上昇に転じています。
- ・イギリスでは1999年に全面自由化が実施されましたが、世界的なエネルギー価格の高騰や北海ガスの生産量減少などを背景に急騰。自由化の進展とともに発電会社が燃料のスポット調達の割合を増加させていることも料金水準の上昇に拍車をかけています。

1. 電気事業（3）電力自由化

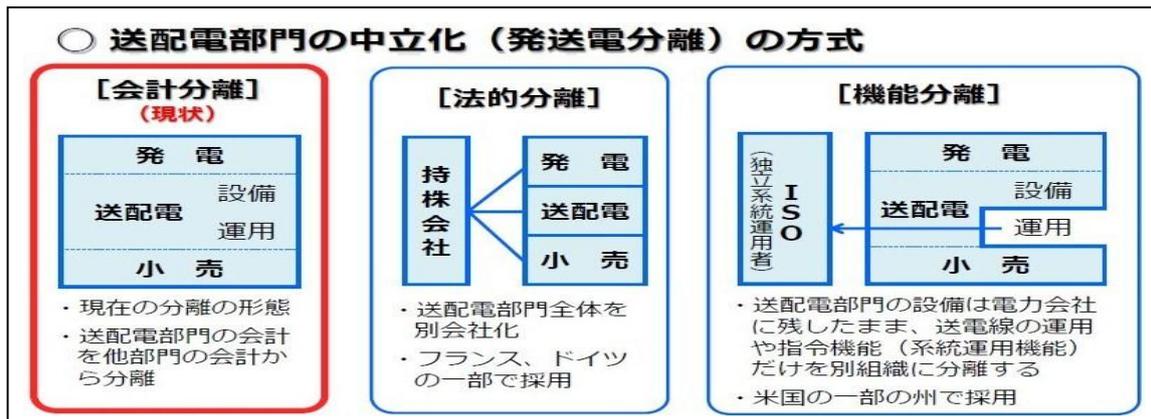
【質問】 Q 6. 自由化に発送電分離が必要なのはなぜか？

【回答】

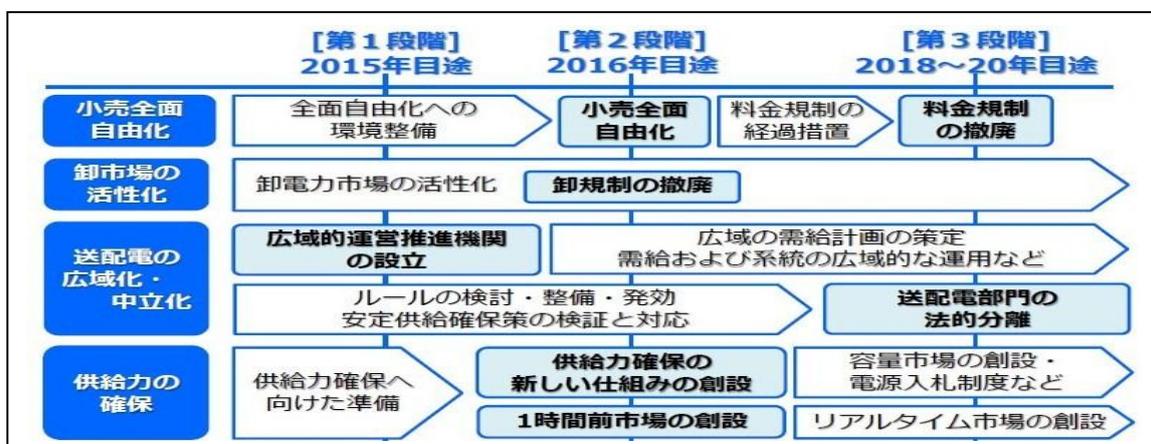
- ・全面自由化では、一般電気事業者（電力会社）が持っている送電線や変電所、配電線等の設備（流通設備といいます）は、多数の事業者や多数の需要家が共用で使用する公共インフラの性格を持つといえます。
- ・低圧を除く需要家が自由化された際にも、地域ごとの一般電気事業者がその保有する流通設備の利用に関して、自社と他の事業者とで公平なアクセスとなるよう、会計分理や情報遮断という形で内部補助や差別的な取扱いをなくし、発電や販売の分野における新規事業者（新電力）などとの競争環境と整えていました。
- ・全面自由化にあたってこれまで以上に中立化を明確にする必要があるとされ、安定供給を損なわない範囲で、より一層進んだ発送電分離が行われることとなりました。

【解説】

- ・全面自由化の方法（送配電部門の中立化のための「発送電分離」の類型）



- ・検討のスケジュール



(出典：「電力システム改革専門委員会報告書」（平成 25 年 2 月）を編集)

1. 電気事業（3）電力自由化

【質問】 Q 7. 全面自由化になると選んだ会社や住んでいる場所などで料金、品質などのサービスは変わるのか？

【回答】

- ・全面自由化になると一般電気事業者が持っている送配電設備は、多数の事業者や多数の需要家が共用で使用する公共インフラの性格を持つといえます。
- ・この流通設備を利用して電気が届けられる限り、物理的な特性として、需要家はどの事業者から電気を購入しても電圧、周波数、停電の頻度といった品質は変わりません。また、契約の範囲であれば電気の使用が制限されることもありません。
- ・また新規事業者（新電力）においても自己の発電設備が故障した場合のバックアップや周波数安定などの電気の品質維持に関するサービスはこれまでと変わりません。
- ・さまざまな事業者の契約メニューから個々の需要家が自分に合ったプランを選ぶことができるようになりますが、これまで低圧の需要家向けにあった、地域の一般電気事業者に対する国による電気料金の審査、認可の制度や[供給義務](#)はなくなります。
- ・全ての需要家がそれぞれの事業者との契約内容に基づいて、電気を購入することとなります。

【用語説明】

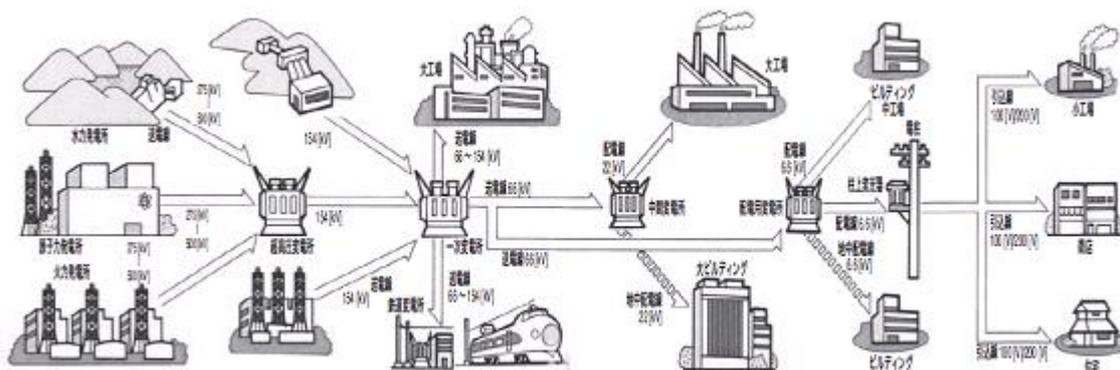
- ・アンシラリーサービス（ancillary service）
一般電気事業者の電力系統の利用時において必要となる電気の品質維持に関するサービス。瞬間瞬間の電気の需要と供給のバランスを調整し、周波数や電圧といった品質を安定化するもの
- ・インバランス料金（imbalance Charges）
電気は発電と消費を一致させる必要がありますが、新規事業者はその発電量と需要家の消費について30分単位での同時同量を達成すればよいとされています。このとき万一過不足が生じた場合に、一般電気事業者の供給に対する料金
- ・バックアップサービス
新規事業者が自己のお客さまの利用に対して発電能力が不足している場合に一般電気事業者（電力会社）から常時、電気の卸売を受けたり、万一の発電所のトラブル時に電気の卸売を受けるといったサービス
- ・ユニバーサルサービス
都市部、山村、山奥、離島といった場所等に関わらず、ある一定の地域内はどこでも一律に同一価格、同一条件で利用できるサービスのこと。電気など生活に不可欠で社会の大多数が消費する、商品・サービスに採用されています

2. 系統運用（1）需給調整

【質問】 Q 1. 電気はどのように需要家に送られるのか？

【回答】

- 水の位置エネルギー、化石エネルギー（化石燃料の燃焼）、核エネルギー（原子核反応）といったエネルギーを発電所で電気に変え、送電線や変電所、配電線などの設備（流通設備といいます）を通して、工場、ビル、住宅などの需要家へ送られます。そこで各種設備によって、明かりや熱、動力などに変化させて利用されます。（この一連のシステムを電力系統といいます）
- 生産、流通、消費という見方では一般の商品と一見変わりはありませんが、電気が流通設備を通るスピードはほぼ光の速さであり、電気利用に対して、発電所での電気への変換は同時に行われることとなります。また、一般の商品では流通の段階で在庫というものがあり、商品の流れが調整されて需要家のニーズに合わせていますが、電気にはこの在庫がなく、つまり消費と生産が瞬時かつ同時に行われるというのが一般の商品とは異なる特徴といえます。
- この電力の消費量（需要）と発電所での電気の生産量（供給）のバランス（需給バランス）が崩れないようにすることが電力会社の重要な役割といえます。



（出典：電気新聞「電力系統」をやさしく科学する）

【解説】

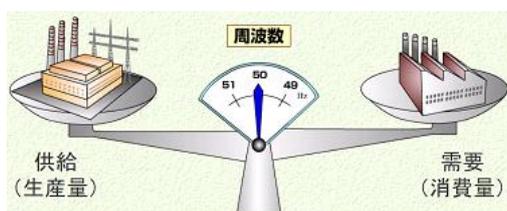
- 電気は、消費と生産が瞬時かつ同時に行われるという特徴があるため、時々刻々と変動する消費量に合わせ、生産量を一致させ続ける（需要と供給のバランスを保つ）必要があります。これを「同時同量」といいます。
- 電力会社において瞬時単位の同時同量が行われる一方で、新電力（特定規模電気事業者）にも電気事業法により同時同量の義務が課されています。これが「30分同時同量」です。
- 新電力は、瞬間的な需要と供給がずれても30分間の総量(kWh)でつじつまを合わせれば良いルールになっています。このルールを守るため、新電力は自身の顧客全てに30分単位で電力量を計測できる遠隔監視メーターを設置し、需要データを集める必要があります。顧客の合計需要量を予測しつつ、自身の発電所出力や購入電力の合計が30分単位で一致するように調整するための「同時同量システム」を構築しているケースも多いようです。

2. 系統運用（1）需給調整

【質問】 Q2. 需給バランスが崩れたらどうなるのか？

【回答】

- 電気の使用量（消費）は、季節や曜日（平日、週末、休日）、その日の天候（晴、雨、曇）や気温（暑い、寒い）、昼夜間などの時間帯によって大きく変化します。さらに時間を区切れば、常に細かく変動しています。
- 需給バランス（電気の生産と消費のバランス）が崩れると周波数が変動することになります。生産よりも消費が多いと周波数は低下し、少ないと周波数は上昇します。周波数が変動すると、工場などの需要家設備に影響を与えたり、電力系統に接続されている発電機の停止、最悪の場合は大規模停電の発生が懸念されます。

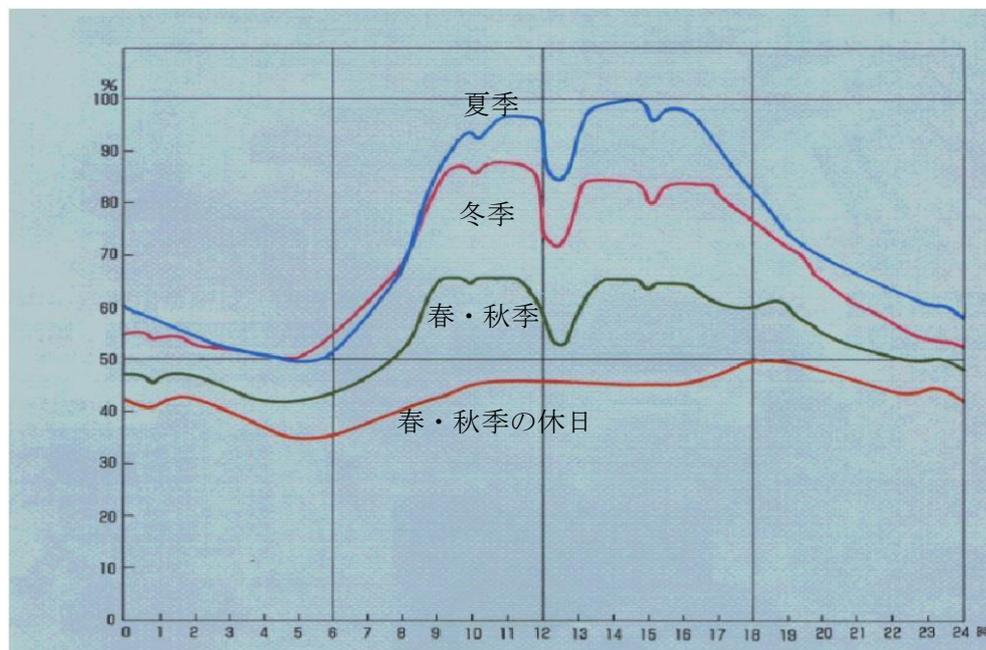


（出典：電力中央研究所「電力系統の安定運用のために」（平成13年11月）

<http://criepi.denken.or.jp/research/video/delivery.html>（参照 平成26年5月）

【解説】

- 電力使用量は下図のように変化します。



- 周波数変動による需要側、供給側への影響の例を資料2-1に示します。

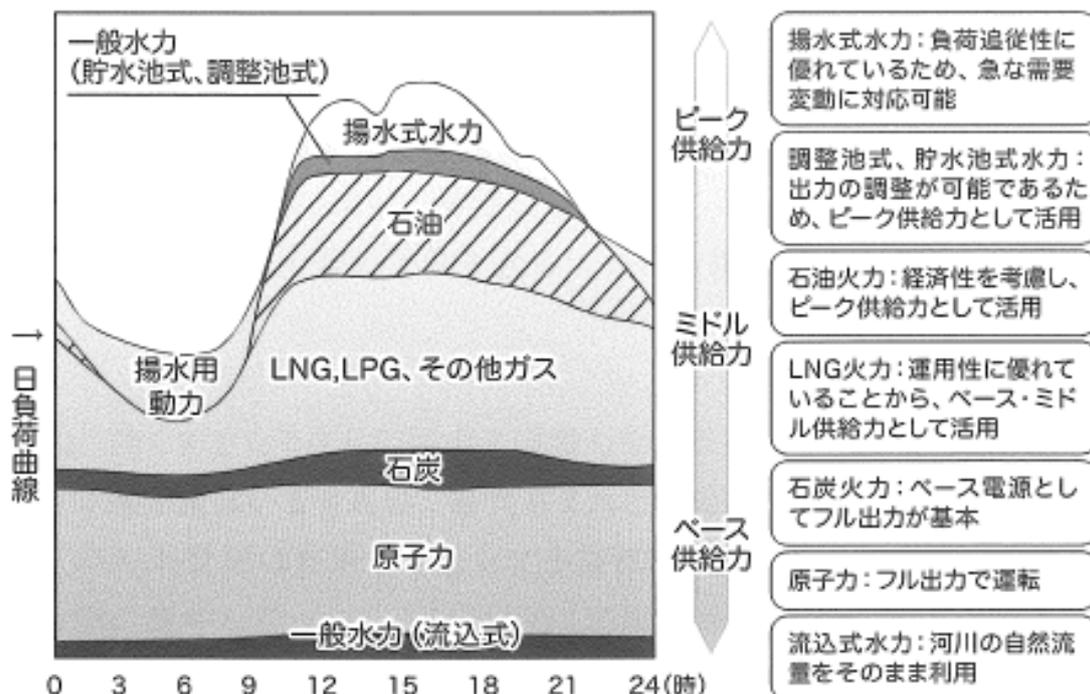
2. 系統運用（1）需給調整

【質問】 Q 3. 需給バランスはどのように保つのか？

【回答】

- ・ 電力を大量に蓄えることは難しく、需給バランス（電気の生産と消費のバランス）を保つためには発電機の出力を常に制御し、電力需要に発電電力を合わせる必要があります。このため、正確な電力需要の想定と同量およびそれを上回る発電量（供給予備力）の確保が重要となります。
- ・ まず正確な電力需要の想定ですが、過去の電気使用量を気象状況、季節変化、社会の動き、景気変動などの観点から分析したうえで、年間、月間、週間、翌日の各断面において、使用電力が予測されます。
- ・ これらの電力需要に対して、どのような発電機の組み合わせで運用するのが安定的かつ経済的であるかという観点から発電計画が立案されます。
- ・ 一方、日々の運用時には電力需要の状況をリアルタイムで観測し、発電機の出力調整を行うことによって需要と供給のバランスが図られています。
- ・ 次に発電量の確保ですが、発電所や送変電設備を作るのには、何年何十年という時間と莫大な投資が必要となります。このため、消費量をよく見極めて、長期的な視野で時間的にも資金的にも計画的に設備形成していくことが重要となります。

【解説】



(出典：電気新聞「Dr. オカモトの系統ゼミナール」)

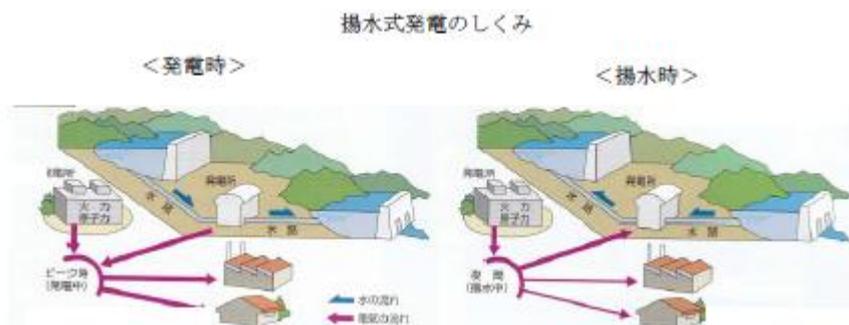
2. 系統運用（1）需給調整

【質問】 Q 4. 電気は蓄えられないのか？

【回答】

- ・電気エネルギーを位置エネルギーに変換して蓄える揚水発電は既に実用化されています。
- ・これは、発電に余裕がある夜間などに下池から上池にポンプで水をくみ上げ、電力使用のピーク時間帯に発電するといったような利用がなされています。ただし、大規模な投資が必要なこと、揚水時や発電時に電力の変換ロス（揚水・発電時の合計で効率 70%程度）があることから、安価な原子力発電などと組み合わせないと経済性が得られにくいという特徴があります。
- ・また、近年では、ハイブリッド自動車でも使用されているバッテリーなどの蓄電技術も進んでいます。現状では大電力を貯蔵するには、容量面、効率面、コスト面などで課題があります。
- ・このため、需給バランスを保つためには、電気を蓄えるよりも火力などの発電を利用する場合は殆どだといえます。変圧器や発電機の効率は 98%以上あり、このような効率で電気を蓄えることは現在では不可能とされています。

【解説】



（出典：東京電力ホームページ（電力設備））

各蓄電池の性能比較

	①Na S電池	②リチウムイオン電池	③ニッケル水素電池	④鉛蓄電池
コスト	4万円/kWh	10～30万円/kWh	40万円/kWh	5万円/kWh
寿命	4500サイクル (加圧-寿命 約15年)	3500サイクル (加圧-寿命 約10年)	6000サイクル (加圧-寿命 約20年)	4500サイクル (加圧-寿命 約15年)
充放電効率	90%	95%	90%	87%
エネルギー密度	約110Wh/kg	約120Wh/kg	約60Wh/kg	約35Wh/kg

※Na S電池は低稼働率時のヒーター電力消費の影響による総合効率低下を考慮要

※各種電池の充放電効率については、さらにインバータ変換効率を考慮要

（インバータとは直流から交流に変換する装置のこと）

（出典：資源エネルギー庁「蓄電池システム産業のあり方について」（平成22年5月）、

次世代送配電ネットワーク研究会「低炭素社会実現のための次世代送配電ネットワークの構築に向けて」（平成22年4月）

なお、出典の引用元は電池工業会HP、日本ガイシ(株)より）

【質問】 Q5. 供給予備力はどのように確保しているのか？

【回答】

- ・電気は発生と消費が同時に行われるものであり、大量に効率よく貯めておくこともできません。
このため、供給力は、設備に事故や故障が生じた際や、気温変動などにより需要が予想外に急増した場合を考え、常にゆとりを持っておくことが必要となります。
- ・供給予備力とは、長期需要見通しにおいて最大需要に対する供給力の裕度を示す計画時の予備力と定義されています。
- ・安定供給のためには8～10%の予備力の確保が目安と言われています。ピーク時期の設備メンテナンスを避けたり他社からの電力融通を受けたりしたうえで、それでも不足する場合は発電所の新設・増設を計画することが必要となります。
- ・ただし、発電所や送変電設備の整備には、狭隘な国土や自然環境、景観の保護などを背景に用地の確保から建設まで**長期間**（[参照1](#)、[参照2](#)）を要することを念頭に置く必要があります。

【解説】

気象変動による需要の急増や発電機のトラブル停止などに対応するため、以下の予備力低下例を参考に8～10%の予備力を目安としています。

（中部電力の例）

気象変動による需要増加	夏：気温が1℃上昇すると、3%程度低下 冬：気温が1℃低下すると、1～2%程度低下 曇天により照明需要が増えると、3%程度低下
発電機停止	100万kW級の発電機が停止すると、4%程度低下

【質問】 Q 6. 周波数の変動が大きいとどうなるのか？

【回答】

- ・電気には交流と直流があります。交流は電圧の+（プラス）と-（マイナス）が交互に入れ替わります。この1秒間に入れ替わる回数を周波数といい、単位をHz（ヘルツ）といいます。
- ・交流の電気は、例えば火力発電所では燃料を燃やし蒸気等を作ってタービンを回し、それにつながる発電機が回転することで作られます。
- ・例えば、需要家で電気使用量が増えると、それに合わせて燃料を炊き増してタービンの回転エネルギーを増すこととなりますが、電気は光の速さで伝わるのに対して、燃料が炊き増されてタービンの回転エネルギーが増えるまでにはある程度時間がかかります。
- ・電気使用量の変化に対して燃料を炊き増し回転エネルギーが増す速度が追いついていけば問題ありませんが、急に使用量が増え燃料の炊き増しが間に合わず、一時的なエネルギーの不足分はタービンの回転エネルギーから補われ、回転が遅くなります。このとき交流の電気の周波数が低くなります。逆に、急に使用量が減り燃料の絞りが間に合わないと、周波数が高くなります。
- ・一般家庭では、近年、インバータを利用した家電製品が多くなっていますので、あまり大きな影響を受けることはありませんが、工場などでは周波数が乱れるとモーターの回転数が変動してしまい、製品の品質悪化を招きます。また、発電機は回転数の変化による振動やタービンの機械的損壊を防ぐため、周波数変動が一定範囲を超えると停止させるので、最悪の場合は発電機の停止が連鎖して、大規模停電に至ることも懸念されます。
- ・仮に周波数変動に耐える機器をつくと非常に高価なものとなるが、需給バランスを保ち周波数変動を抑制することで社会全体で経済的なシステムを構築していると考えられます。

【解説】

- ・**需要側**では、周波数変動が大きくなり需要側機器の動作補償範囲(基準周波数の1～5%程度)を逸脱すると、**需要家の製品品質への悪影響等が発生**。
- ・**発電側**では、周波数偏差による発電機のタービン翼の共振や給水ポンプの能力低下などの機械的制約から、**安全に運転可能な周波数範囲が設定**されている。(下表参照)
- ・このため、**電力系統では周波数が低下あるいは上昇する限度値を設定し、需要家へ供給する電気の品質を確保するとともに、発電機の連鎖的な停止による大停電を防止**している。

図. 送電線ルート故障時の周波数低下イメージ

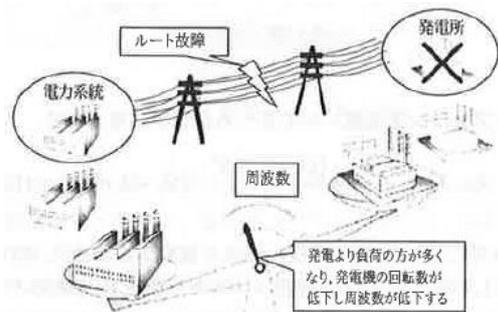


表. 回転電気機械の周波数に関する要件※

周波数の範囲	電圧値 0.97～1.03 [pu]* における要件
0.98～1.02 [pu]	連続的に運転して、実用上支障があってはならない。
0.95～1.03 [pu]	実用上支障があってはならない。

* [pu] : Per Unit の略

(※出典：「JIS C JIS C4034-1:1999」を元に電気学会が編集)

(出典：電気学会技術報告 第1100号「電力系統の利用を支える解析・運用技術」)

2. 系統運用（1）需給調整

【質問】 Q7. 周波数はどのように調整しているのか？

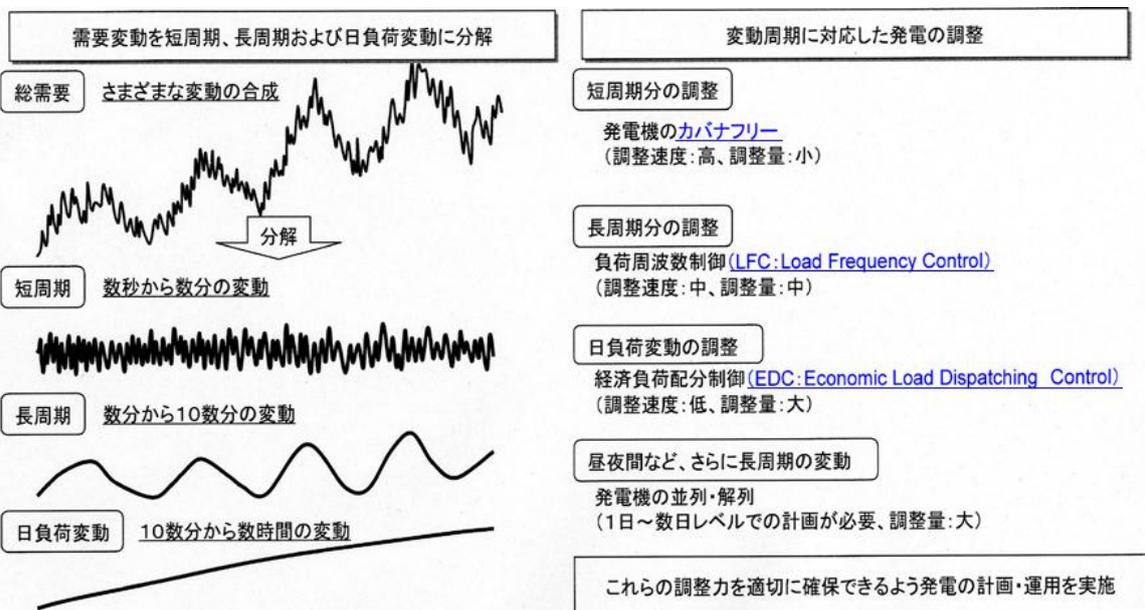
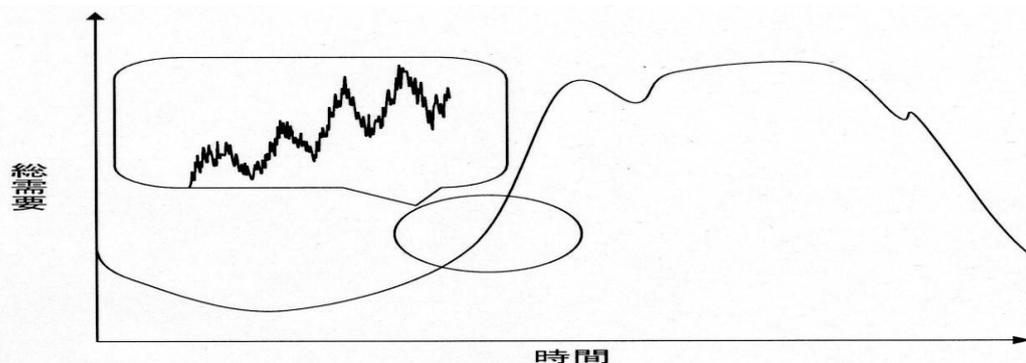
【回答】

- ・ [需給バランスを保つ](#)ため、電気の使用に合わせて発電できるように、様々な[発電機が組み合わされて](#)運転されています。
- ・ 組み合わせられた個々の発電機は同じ速度で回転することになります。いわば、二人三脚や複数のペダルのある自転車をみんなでこいでいるようなものといえます。（これを[交流送電](#)での同期といいます）
- ・ 一方、電力系統の総需要は様々な特徴を持った負荷の合成であり、照明等のような数時間程度の大きな変動や鉄道等のような数秒程度の小刻みな変動から構成されます。このため、発電を総需要に一致させるべく、変動の速さや大きさに応じて発電機の特長（負荷追随性）も考慮した調整が行われています。
- ・ この負荷変動の成分は主に3つに大別でき、それぞれの調整は以下のとおりとなります。

変動の種類	調整方法
①短周期変動（数秒から数分の変動）	①発電機の ガバナフリー運転
②長周期変動（数分から十数分の変動）	② 負荷周波数制御
③日負荷変動（十数分から数時間の変動）	③ 経済負荷配分制御 、発電機の並列・解列

【解説】

周波数調整のイメージ図



(出典：電力系統利用協議会「電力系統利用に関する技術資料」)

2. 系統運用（2）電力品質

【質問】 Q 1. 電力品質とはどのようなものか？

【回答】

- ・電力品質の定義として一義的に定められたものはありませんが、一般的には、周波数、電圧、停電、[瞬時電圧低下](#)、[フリッカ](#)、[高調波](#)、[電圧不平衡](#)などのパラメータを用いて表わされます。
- ・例えば、電圧の品質レベルについては、電気事業法施行規則 44 条に、「標準電圧 100V の場合、101V の上下 6V を超えない値、標準電圧 200V の場合、202V の上下 20V を超えない値」で維持するよう規定されています。
- ・周波数の品質レベルについては、同施行規則第 44 条に、「その者が供給する電気の[標準周波数](#)に等しい値（50Hz または 60Hz）」で維持するよう規定されていますが、許容変動幅に対する規定はありません。このため、電力会社では周波数の変動幅を±0.1～0.3Hz 以内になるよう自主的な目標が設定されています。

【解説】

パラメータ	発生要因	限度値
周波数変動	有効電力の需給バランスの変化、大容量発電機の遮断や系統事故による系統分離等。	電気事業法施行規則第44条で「その者が供給する電気の標準周波数に等しい値（50Hzまたは60Hz）」とされているが、許容変動幅に対する規定はない。電力各社は、自主的な目標として±0.1～0.3Hz以内となるよう設定。
電圧変動	大容量負荷の開閉、誘導電動機の始動、変圧器の投入等による無効電力の需給バランスの変化。	電気事業法施行規則第44条に、「標準電圧100Vの場合、101Vの上下6Vを超えない値、標準電圧200Vの場合、202Vの上下20Vを超えない値」と規定
停電（信頼度）	雷などの自然現象、鳥獣接触、設備不具合等。電力系統の地絡または短絡故障を検出し、事故点を切り離した後、停電が発生。	—
瞬時電圧低下（電圧ディップ）	雷などの自然現象が大半。電力系統の地絡または短絡故障を検出し事故点を切り離すまでの間、電圧低下が発生。	法令では規定されていない。経済産業省資源エネルギー庁の「電源品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン」に「発電設備等の並解列時の瞬時電圧低下は常時で夏の10%以内とし、瞬時電圧低下対策を適用する時間を2秒程度とすることが適当であるとの前提として」との記述があり、これが一つの目安になっている。
フリッカ（継続的な微小電圧変動）	ほとんどがアーク炉の始動、停止。	法令では規定されていない。電気協同研究第20巻第8号で $\Delta V10 \leq 0.45V$ としている。
高調波	位相制御機能をもつ高出力の機器、コンデンサ入力形整流器。	法令では規定されていないが、経済産業省資源エネルギー庁の「高圧又は当別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドライン付属書」、同「家電・汎用品高調波抑制対策ガイドライン」により、配電（高圧）系統では総合ひずみ率5%以下、特別高圧系統では総合ひずみ率3%以下が目標とされている。
電圧不均衡	線路インピーダンスの不均衡、負荷のアンバランス（特に不平衡の単相負荷）。	法令では規定されていないが、経済産業省「電気設備の技術基準の解釈について」第260条で「交流式電気鉄道の変電所受電点で3%以下」としており、これが一つの目安となっている。

（出典：「電力品質の定義と測定方法」（NTT BT I 電力技術部担当部長 村上直樹））

※上記では、瞬時電圧低下の限度値を 10%以内とし 2 秒程度の対策を一つの目安としていますが、これは同ガイドラインによると、低压配電線や高圧配電線に発電機を連系する場合についてであり、特別高圧電線路との連系の場合は常時電圧の 2%以内を目安としているため注意が必要です。

2. 系統運用（2）電力品質

【質問】 Q2. 電力品質が悪くなるとどうなるのか？

【回答】

- ・ [周波数変動](#)や[電圧変動](#)が発生すると、回転機の回転数変動するため、特に回転機を使用している工場（繊維工場など）で生産設備への影響が懸念されます。
- ・ [フリッカ](#)（継続的な微小電圧変動）が発生すると、照明器具の明るさが変動し、不快なちらつき感やいらいら感を与える原因になると言われています。
- ・ [瞬時電圧低下](#)が発生すると、電力系統に接続する機器が異常動作・停止、照明のちらつき・消灯といった影響が懸念されます。特に近年では、エレクトロニクス技術の進展に伴い、瞬時電圧低下に敏感な機器が増加しています。
- ・ [高調波](#)が発生すると、機器の損失・騒音増加のほか、力率改善用の進相コンデンサ設備に直接に接続されているリアクトルの過熱・焼損といった設備不具合の発生が懸念されます。

【解説】

パラメータ	影響
周波数変動	同期電動機の回転数変動による製品不良の発生
電圧変動	回転機のトルク変動、回転数変動による生産設備への影響
停電（信頼度）	負荷機器の停止
瞬時電圧低下（電圧ディップ）	放電灯の消灯、制御装置の誤動作、電動機の変動または停止、電磁接触器の外れ等
フリッカ（継続的な微小電圧変動）	照明のちらつき
高調波	コンデンサや回転機の損失増加、電動機やその他の機器からの騒音増加。設備障害としては直列リアクトルの過熱、焼損が多い。
電圧不均衡	電動機の温度上昇、出力トルクの低下、騒音、振動の増加、コンデンサ平滑形整流器の損失増加等。

（出典：「電力品質の定義と測定方法」（NTT BTI 電力技術部担当部長 村上直樹））

2. 系統運用（2）電力品質

【質問】 Q3. 電力品質はどのように保つのか？

【回答】

- ・ **電力品質**を保つには、電力系統の設備形成、および運用における周波数、電圧、信頼度の制御（停電の回避）などが重要といえます。
- ・ 周波数に関しては、需要と供給のバランスを保つことにより維持されます。基本的には需要の変動にあわせて、電気の生産側である発電で調整することになりますが、変動周期に応じて、**経済負荷配分、負荷周波数制御、発電機のガバナフリー運転**等により対応されています。
- ・ 電圧に関しては、電力系統内の無効電力のバランスをとることにより維持されます。具体的には、発電機による制御に加え、各変電所の調相設備（電力用コンデンサ、分路リアクトル等）や変圧器の負荷時タップ切替器を使ってローカルで**電圧制御**されています。
- ・ 信頼度の制御（停電の回避）に関して、設備形成面では、**発電設備の予備力を確保**すること、**送変電設備の冗長性を確保**（1つの設備に事故が発生しても残った設備で安定して供給できるよう設備を形成）することにより必要な信頼度が維持されています。また、運用面では、電力系統の監視により、潮流（電気を輸送する量）を設備の運用限度以内に維持するほか、事故時には当該箇所の切り離しや健全側からの送電に努めることにより、供給支障時間が低減されています。

【解説】

電力品質と電力会社及び需要家の取り組み

パラメータ	電力会社での取り組み			需要家での取り組み
	系統運用	設備形成		
		発電設備	送変電・配電設備	
周波数変動	・経済負荷配分(EDC) ・負荷周波数制御(LDC)	・負荷追従能力の確保	—	—
電圧変動	・電圧監視制御	・AVRによる自動制御(遅れ90%～進み95%の運用範囲の確保)	・調相設備の設置 ・SVC設置(配電)	—
停電(信頼度)	・運用限度の監視 ・系統切替	・予備力の確保	・(N-1)クライテリアの確保 ・架空地線の設置 ・アレスターの設置 ・変電所の母線アレスターの設置	・無停電電源の設置(CVCF、UPS)
瞬時電圧低下(電圧ディップ)	・雷情報の提供	—	—	—
フリッカ(継続的な微小電圧変動)	・系統切替	—	—	・フリッカー対策装置の設置(SVGなど)
高調波	—	—	—	・高調波ガイドラインの遵守
電圧不均衡	—	—	・送電線のねん架 ・相配列	・不平衡負荷の解消

(出典：電気協同研究会 第55巻 第3号「電力品質に関する動向と将来展望」)

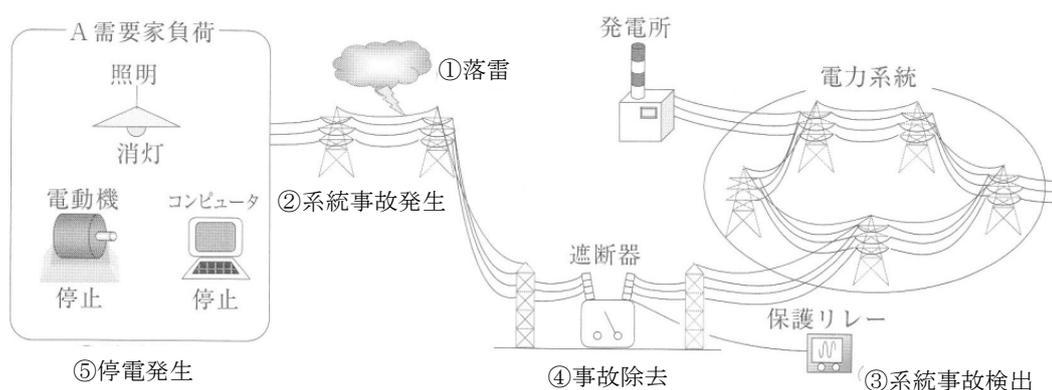
【質問】 Q 4. 停電はどのような時に起きるのか？

【回答】

- 例えば、送電線などの電力流通設備は、落雷や風氷雪あるいは地震などの自然現象、火災やクレーン接触などの人為的災害に常にさらされています。[設備の事故を防止するための防護対策](#)は可能な限り講じられているものの、皆無にすることは不可能といえます。
- このような中、仮に電力系統に事故が発生した場合、保護装置によって自動的に送電線の遮断器が開放し、当該箇所を切り離して除去されます。停電は、この切り離された範囲で発生し、送電ルートの切替もしくは設備が復旧するまでの間、継続することとなります。
- 原因については、落雷などの自然現象が大半を占めますが、その他には他物接触、設備不具合、公衆等の故意・過失などがあげられます。
- また、上記の系統事故以外に、[需給のアンバランスによる周波数変動](#)や、[電圧低下が許容値を超えた場合](#)にも停電が発生することがあります。

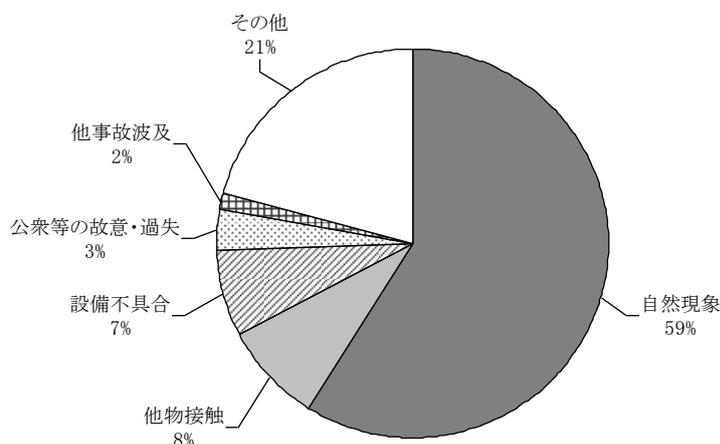
【解説】

停電発生概念図



(出典：電気協同研究会 第 67 巻 第 2 号「電力系統瞬時電圧低下対策技術」)

系統事故の発生原因（平成 24 年度 東京電力の例）

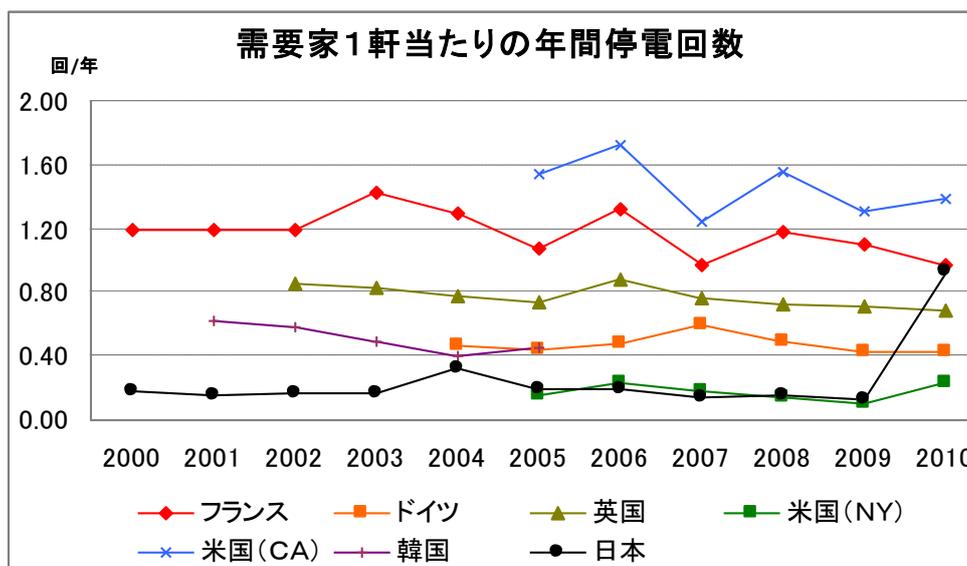
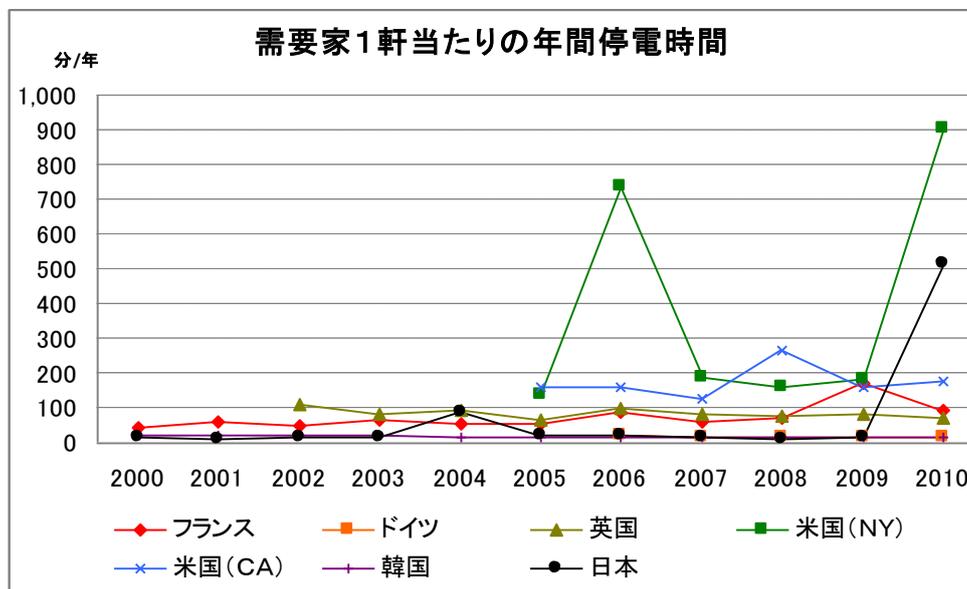


【質問】 Q 5. 日本は海外に比べて停電が少ないのか？

【回答】

- ・日本の停電（停電時間、停電回数）は、諸外国に比べると格段に少ない水準と言えます。
- ・停電が少ない主な理由としては、①送配電網の自動化が進んでいること、②設備の事故が発生した場合、メーカーや学識者とも協力して原因を追及し、設備の保守や修繕に適切に反映していること、③復旧の訓練や台風襲来時等の復旧体制整備が適切に行われていることなどがあげられます。

【解説】



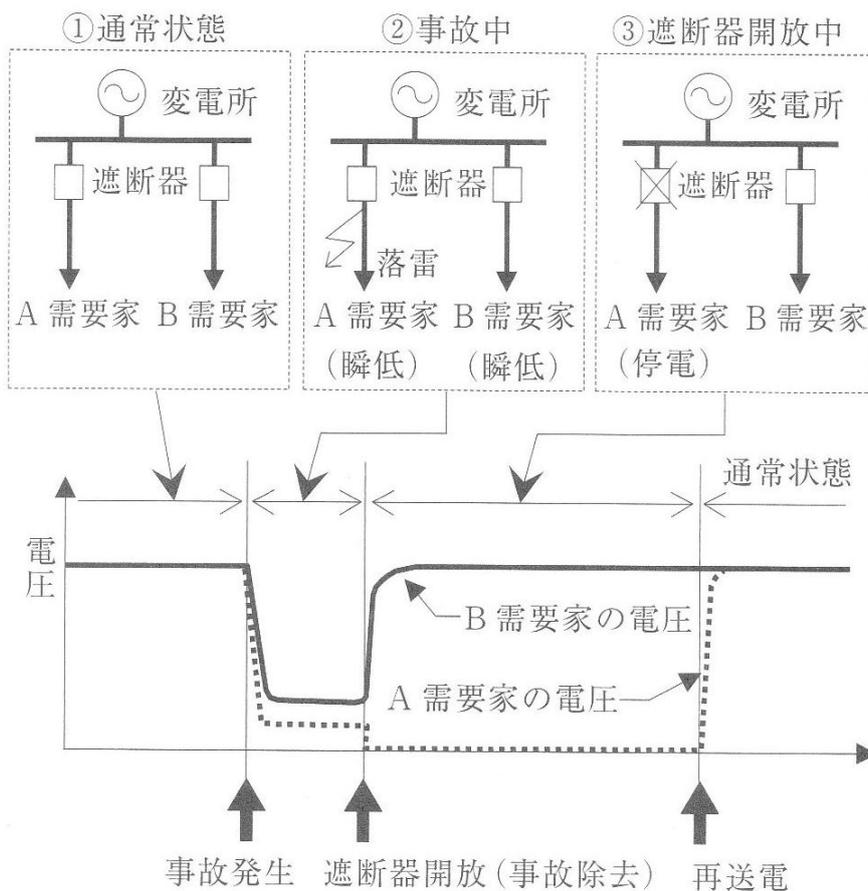
(出典：海外電力調査会「海外電気事業統計 2013」、電気事業連合会)

【質問】 Q 6. 瞬時電圧低下とは何か？

【回答】

- ・瞬時電圧低下とは、電圧が低下し、短時間で復帰する現象と定義されています。
- ・落雷などにより **電力系統に事故**が発生すると、当該箇所を中心に電圧が低下し、事故発生設備を切り離すまで継続することになります。これが瞬時電圧低下であり、事故発生設備と共に切り離された範囲の停電とは区別されます。また、事故の様相や保護装置の方式などにより、電圧の低下率や、継続時間に違いが現れます。
- ・瞬時電圧低下が発生した場合の影響は、**Q 2**のとおりですが、近年では、太陽光発電や風力発電など分散電源の普及が進んできており、瞬時電圧低下によりこれらが影響を受ける事例も見受けられています。

【解説】



瞬時電圧低下（瞬低）と停電

(出典：電気協同研究会 第 67 巻 第 2 号「電力系統瞬時電圧低下対策技術」)

【質問】Q7. 電力システム改革が進展した際、安定供給に支障が生じないのか？

【回答】

- ・電力システム改革によって、電力会社による[地域独占](#)が撤廃され、これにより、必然的に電力会社に課せられている供給義務も撤廃されることとなります。
- ・このため、「電力システム改革専門委員会報告書（2013年2月）」の中では、安定供給を確保する枠組みとして、①送配電事業者に対する最終保障サービスの提供義務付け、②小売り事業者に対する[供給力確保](#)の義務づけ、③系統運用者に対する[周波数維持](#)の義務付け（[需給バランスの維持義務](#)）、④長期的に供給力不足が見込まれる場合に広域的運営推進機関が電源確保に万全を期す制度や容量市場を新たに構築すること等がうたわれており、安定供給に支障が生じないよう検討されております。

【解説】

＜電力システム改革の概要＞

（1）広域的運営推進機関の設立（平成27年目途）

電力需給の逼迫や出力変動のある再生可能エネルギーの導入拡大に対応するため、国の監督の下に「広域的運営推進機関」を設立し、平常時、緊急時を問わず、安定供給体制を抜本的に強化し、併せて電力コスト低減を図るため、従来の区域（エリア）概念を越えた全国大での需給調整機能を強化する。

（2）小売分野への参入の[全面自由化](#)（[参照1](#)、[参照2](#)、[参照3](#)）（平成28年目途）

家庭部門を含めた全ての需要家が電力供給者を選択できようにするため、小売の[全面自由化](#)（[参照1](#)、[参照2](#)、[参照3](#)）を行う。ただし、[料金規制](#)の撤廃後（電気の小売料金の全面自由化後）も、[需要家保護のため、最終的な供給保障を送配電事業者が行うこと](#)や、離島において離島以外の地域と遜色ない料金での安定供給を保障する等の措置を講じる。

さらに、卸規制の撤廃や、卸電力取引量を増加させる取り組み等の検討等を行う。

（3）法的分離の方式による送配電部門の中立性の一層の確保（平成30年～32年目途）

発電事業者や小売事業者が公平に送配電網を利用できるよう、[送配電部門の中立性の一層の確保](#)を図る。具体的には、一般電気事業者の送配電部門を別会社とするが会社間で資本関係を有することは排除されない方式（法的分離方式）を実施する前提で改革を進める。

[送配電事業者については、引き続き地域独占とし、総括原価方式等の料金規制](#)により送配電線等に係る投資回収を制度的に保証する。また、引き続き、[系統全体での需給バランスを維持する義務](#)を課すことにより、安定した周波数や電圧など、経済活動の基盤となる高品質な電力供給を確保する。

さらに、緊急時等における国、広域的運営推進機関、事業者等の役割分担を明確化し、国が安定供給等のために必要な措置を講じる枠組みを構築する。

このほか、全面自由化に当たって、[小売電気事業者の供給力確保や、広域的運営推進機関が将来の電源不足に備えて行う発電所の建設者の募集等、必要な制度を新たに措置](#)することで、安定供給に万全を期す。

3. 発電（1）電源開発

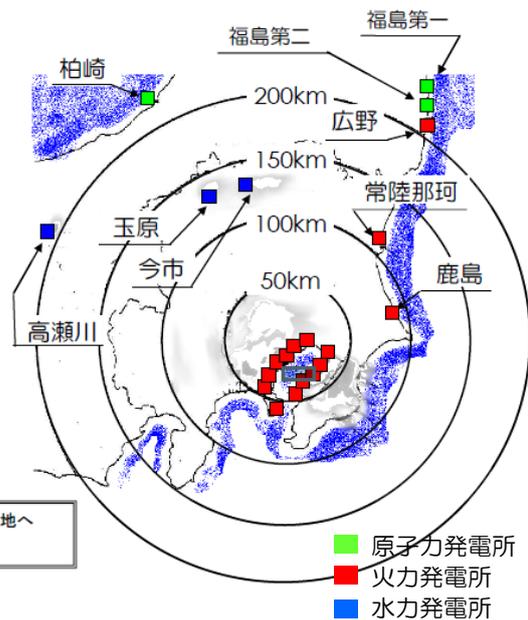
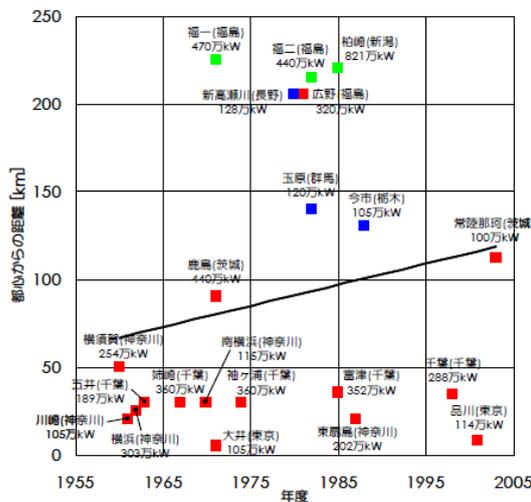
【質問】 Q 1. なぜ大規模発電所は沿岸部の需要から離れた地域にあるのか？

【回答】

- ・かつては、大きな発電所も比較的需地近傍に建設されていましたが、近年都市化が進展したことで大都市近傍の発電所用地の確保が困難となり、より需地から離れた地点に建設されるようになりました。技術の進歩により、大容量の長距離送電線を建設できるようになったことも、発電所地点の遠隔化を後押ししました。
- ・熱エネルギーを電気エネルギーに変換する火力発電所や原子力発電所の場合は、大量の冷却水が必要となります。海外では大きな河川などから冷却水を調達する機会が多いのですが、日本では大きな河川がないため、海水が利用できる沿岸部の立地が選択されています。
- ・また、沿岸部の立地は、機器の輸送や、発電時に必要な燃料の輸送などにおいても内陸に比べて有利となります。
- ・最近では天然ガス導管の内陸への敷設により、内陸部でのガス火力発電所の計画例も出てきています。

【解説】

東京電力の大規模電源の立地



東京電力の場合、発電所は、需地近傍の東京湾岸から太平洋・日本海岸の遠隔地へ（エリア外の発電所は現在約4割）

(出典：資源エネルギー庁「地域間連系線等の強化に関するマスタープラン 中間報告書 参考資料集」)

3. 発電（1）電源開発

【質問】 Q2. 発電所の新設にあたり、何を考慮しているのか？

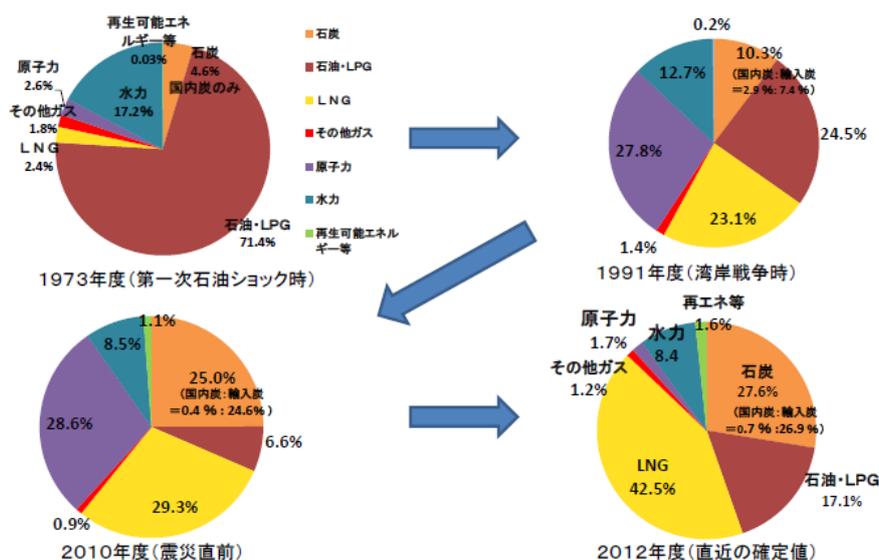
【回答】

- ・エネルギー政策の基本は、エネルギー・セキュリティの確保、温暖化対策の強化、効率的な供給とされています。ここで、エネルギー・セキュリティは、エネルギー政策基本法に定められる「供給源の多様化、自給率の向上および安全保障を図る」ことを指します。
- ・これに基づき、大規模発電所の新設では、建設に長期間を要することもあり、将来の電力需給バランス、ベストミックスとなる電源構成、CO₂排出量などを想定して、どのような電源（ピーク、ミドル、ベース等）が必要なのかを選定します。その上で、発電所の種類や性能諸元（出力変動性能、熱効率等）を検討し、その後、経済性の検討を行います。経済性の検討では、建設費、燃料費に代表される運転費など全てのコストを想定します。
- ・特に火力発電所や原子力発電所では、海外からの燃料調達を行うことになるため、運転開始までに燃料サプライチェーン（調達～輸送～受入～保管まで）を構築しておく必要があります。
- ・一方、再生可能エネルギーによる発電においては、建設予定地点での自然条件（河川流量（水力発電）、風況（風力発電）、日射量（太陽光発電）など）が、経済性を図る上での重要な要素となりますので、これらの調査を事前に行うことが必要となります。
- ・その他、各種法律（電気事業法、建築基準法など）への対応、環境影響評価、系統連系方法など様々な要素を考慮する必要があります。

【解説】

日本の電源構成の推移

○海外からの化石エネルギーに対する依存度は、現在約88%(2012年度)で、第一次石油ショック時(約76%)よりも高い。



※「電源開発の概要」等より作成。発電電力量を用いて%を算出。「その他ガス」とは、一般電気事業者において、都市ガス、天然ガス、コークス炉ガスが混焼用として使用されているものが中心。なお、「その他ガス」は、本文中の「海外からの化石エネルギーに対する依存度」(約88%、約76%)の中に含めている。

5

(出典：エネルギーを巡る国際情勢について (総合資源エネルギー調査会基本政策分科会))

3. 発電 (1) 電源開発

【質問】 Q3. 電源開発にはどの程度の時間とコストがかかるのか？

【回答】

- ・ 電源の開発にかかる期間については、その種類によって大きく異なりますが、大規模発電所については、環境影響評価、土木工事、電気設備の工事にそれぞれ 2~4 年程度を要するため、これだけで完成までに 10 年程度の期間がかかることとなります。事前の検討（地点や発電諸元の検討など）まで含めると更に長期間となります。コストに関しては、100 万 kW クラスの発電所では 1 千億円以上となります。
- ・ 再生可能エネルギーに関しては、地熱発電所では 10 年程度を要しますが、それ以外は数年で開発することができます。開発コストに関しては、建設単価（kW あたりの建設費）で比べると、一般的に大規模発電所に比べて高くなる傾向にあります。

【解説】

各電源の計画から稼働までの期間と各電源の建設費想定（2010 年モデル）

電源	計画～稼働の期間	参考情報	建設単価 (万円/kW)	サンプルプラント (建設単価算出用)
原子力	20年程度	直近7年間に稼働した発電所(サンプルプラント、4基)について、初号機の立地決定の表明から運転開始の年までの期間。新規電源開発地点として電源開発基本計画(H15年廃止)に組み入れられた年からプラントの運転開始の年までの平均的な期間は約8年程度。	35	沸騰水型炉(1)、改良型沸騰水型炉(2)、加圧水型炉(1)
石炭火力	10年程度	直近7年間に稼働した発電所(サンプルプラント、4基)について、初号機の立地決定の表明から運転開始の年までの平均的な期間。新規電源開発地点として電源開発基本計画(H15年廃止)に組み入れられた年からプラントの運転開始の年までの平均的な期間は7年程度。	23	町長臨界厚保火力発電(発電効率42%)
LNG火力	10年程度	直近7年間に稼働した発電所(サンプルプラント、4基)について、初号機の立地決定の表明から運転開始の年までの期間。新規電源開発地点として電源開発基本計画(H15年廃止)に組み入れられた年からプラントの運転開始の年までの平均的な期間は6年程度。	12	1500°C級ガスタービン(発電効率51%)
一般水力	5年程度	直近7年間に稼働した発電所(サンプルプラント、4基)について、立地決定の表明から運転開始の年までの期間。新規電源開発地点として電源開発基本計画(H15年廃止)に組み入れられた年からプラントの運転開始の年までの平均的な期間も同程度。		
小水力	2~3年程度	関連事業者へのインタビュー及びNEDO導入ガイドブック等により、①水利権使用許可申請②環境影響評価、系統連系協議、③電気事業法・建築基準法に係る手続き業務④建設工事、⑤使用前安全管理検査等を合わせて2~3年程度。 ※流量調査から必要な「新規設置」なのか、そのデータは既にあり使用可能なのか、地元地権者との交渉の要・不要及びそれに係る期間、環境調査の要・不要など、色々な要素があり一概には言えない点に留意。		
地熱	9~13年程度	関連事業者へのインタビューによれば、机上検討、予備調査を除き、①資源量調査(これまでNEDO等が一定程度まで実施)、②許認可手続き・地元調整、③建設(3~4年)を併せて9~13年程度。	70~90	シングルフラッシュ方式、ダブルフラッシュ発電、背圧式発電
陸上風力	4~5年程度	関連事業者へのインタビュー及びNEDO導入ガイドブック等より、①風況調査②環境影響評価、系統連系協議、③電気事業法・建築基準法に係る手続き業務④建設工事、⑤使用前安全管理検査を併せて4~5年程度。	20~35	
洋上風力	—	実用化に至っていないため不明。		
バイオマス(木質専焼)	3~4年程度	関連事業者へのインタビュー及びNEDO導入ガイドブック等によれば、①環境影響評価、系統連系協議、②廃掃法上の手続き業務、③電気事業法・建築基準法に係る手続き業務、④建設工事、⑤使用前安全管理検査を併せて3~4年程度。		
バイオマス(木質混焼)	1年半程度	関連事業者へのインタビューによれば、事業スキームの枠組み、設備検討、建設工事(7ヶ月~11ヶ月)で、計1年半程度。 ※既設石炭火力プラントへの増設のため工事計画届け等が不要。		
石油火力	10年程度	1987年以降に運転開始した発電所(サンプルプラント、4基)について、工事中からプラントの運転開始の年までの平均的な期間。	18	1999年試算時と同一(発電効率39%)
太陽光住宅(住宅用)	2~3ヶ月程度	契約手続き、補助金申請、設置工事、系統接続等を合わせて2~3ヶ月程度。	48~55	
太陽光(メガソーラ)	1年前後	関連事業者へのインタビュー及びNEDO導入ガイドブック等より、①系統連系協議、②電気事業法(・建築基準法)の手続き業務③建設工事、④使用前安全管理検査を併せて1年前後。		
ガスコジェネ	約1年	関連事業者へのインタビューによれば、①仕様決定(1~2ヶ月)、②本体工場製作(約6ヶ月)、③現場据付工事(約2ヶ月)、④試運転調整(約2ヶ月)を併せて約1年。	12	ガスエンジン、ガスタービン(発電効率44%・30%)
石油コジェネ	約10ヶ月	関連事業者へのインタビューによれば、①仕様決定(1~2ヶ月)、②本体工場製作(約5~6ヶ月)、③現場据付工事(約2ヶ月)、④試運転調整(約0.5ヶ月)を併せて約10ヶ月。		
燃料電池	約2週間	関連事業者へのインタビューによれば、①商品説明・現場調査(約0.5日)、②見積書作成・提出(約2日)、③受注・補助金申請書類作成(約1日)、④受理通知書受領・系統連系協議依頼(約7日)、⑤施工・試運転・系統連系検査(約3日)、⑥引渡し(約1日)を併せて約2週間。		

(出典：「コスト等検証委員会報告書(平成23年12月19日)」を編集)

3. 発電（1）電源開発

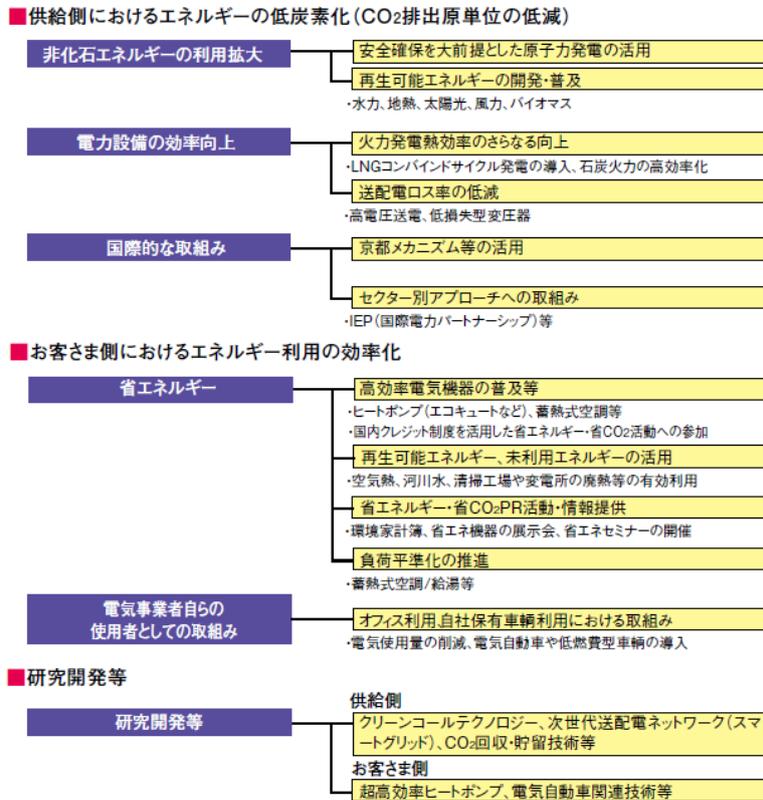
【質問】 Q 4. 電源開発にあたり、地球環境問題に対してどのような取組みを実施しているのか？

【回答】

- ・ 開発する電源については、CO₂発生量が少ない電源種別や、最新の高効率の機器など、環境負荷がより小さくなるように選定されています。
- ・ また、将来に向けて、LNG 火力発電の 1700℃級のガスタービンの開発、石炭火力発電の石炭ガス化複合発電（IGCC）の開発などで、発電設備の高効率化を目指すとともに、火力発電所の排ガスから CO₂を分離・回収し地中や海中に貯留・隔離するための CCS 技術の研究もおこなわれています。
- ・ その他、地域の環境問題への取組みとして環境影響評価制度があります。環境基本法第 20 条において「土地の形状の変更、工作物の新設 1－4 1 その他これらに類する事業を行う事業者が、その事業の実施にあたりあらかじめその事業に係る環境の保全について適正に配慮することを推進するため、必要な措置を講ずるもの。」と規定されており、調査、予測、評価の手法及びその結果を公表して、住民や市町村などから意見を聴き、それらを踏まえて、環境の保全の観点からよりよい事業計画を作り上げていくための制度となります。

【解説】

電気事業における様々な環境への取組み



(出典：電気事業連合会ホームページ)

3. 発電（2）電源種別

【質問】 Q 1. なぜ電源種別ごとのバランスを考える必要があるのか？

【回答】

- ・ [日本のエネルギー自給率](#)はわずか4%であり、脆弱なエネルギー構造を踏まえると、国内電気事業では、燃料の異なる電源をうまく組み合わせ、エネルギー確保のリスクを分散させる必要があります。また、[地球温暖化等の環境に与える影響](#)も考慮することが重要です。
- ・ 日本の発電は、かつて水力発電が主流でしたが、やがて当時は資源が豊富で安価な石油を使った火力発電へと移行しました。オイルショック以降、発電方式の多様化が求められ、原子力や天然ガスなど石油に変わるエネルギーの開発と導入が進められてきました。
- ・ 石油は[確認埋蔵量](#)の約6割が政情不安定な中東諸国に偏在していますが、原子力発電の燃料となるウランは、世界各地に分布しているので、供給の安定性に優れているといえます。さらに[原子力発電は発電時にCO2を排出しない](#)という点で、地球温暖化防止に寄与しています。
- ・ こうした背景の中で、将来にわたって安定かつ経済的に電気を供給するために、原子力、火力、水力など、それぞれの特性を活かしたバランスを考える必要があります。

【解説】

- ・ 電源種別ごとの特性
- 水力発電：再生可能な国産エネルギーであり、クリーンな発電方式でベース供給力として活用。一方、開発には大規模な環境の改変の必要があるなどのデメリットがあります。
- 火力発電：時々刻々変化する電力需要に合わせてベース供給力からミドル供給力、ピーク供給力として活用。一方、石油、石炭、LNGなどの化石燃料が必要な方式のため、エネルギー資源の価格変動の影響、資源枯渇、CO₂の排出の問題もあります。
- 原子力発電：燃料単価が安く、広く世界に分布しているウラン資源を利用しており、また、CO₂の排出が少ない発電方式のため、ベース供給力として活用。一方、厳重な放射線管理や、放射性廃棄物の適切な処理、処分が必要です。
- 新エネルギー：自然エネルギーを利用しているため、資源枯渇の心配がないこと、地球温暖化の主要因とされるCO₂の排出が少ないなどのメリットがあります。一方、自然条件に左右され安定した発電が難しい、[発電コストが高い](#)などの課題も残っています。

（出典：電気事業連合会ホームページ）

3. 発電（2）電源種別

【質問】 Q2. 電源種別ごとの発電コストはどの程度か？

【回答】

- ・平成23年6月、聖域なくエネルギー・環境戦略を練り直すために、省庁横断的な組織として、エネルギー・環境会議（議長：国家戦略担当大臣）が設立され、その分科会（コスト等検証委員会）において各電源のコスト検証が実施されました。
- ・コスト等検証委員会報告書（平成23年12月）における、主な電源の発電コストは以下のとおり。

<2010年モデル>

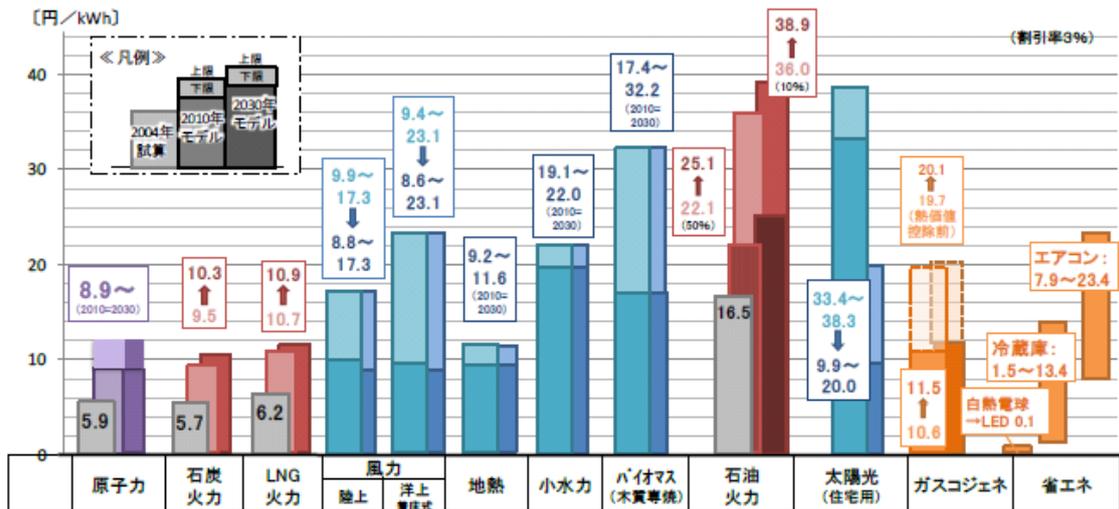
原子力	: 5.9 円/kWh
石炭火力	: 5.7 円/kWh
LNG 火力	: 6.2 円/kWh
石油火力	: 16.5 円/kWh
風力（陸上）	: 9.9~17.3 円/kWh
太陽光	: 33.4~38.3 円/kWh

【解説】

- ・主な電源の発電コスト

【コスト試算のポイント】

- モデルプラント形式（最近7年間の稼働開始プラント、最近3年間の補助実績等を基に設定）
- CO2対策費用、原子力の事故リスク対応費用、政策経費等の社会的費用も加算。
- 2020年、2030年モデルは燃料費・CO2対策費の上昇、技術革新等による価格低減を見込んで試算。



（出典：エネルギー・環境会議 コスト等検証委員会「コスト等検証委員会報告書」（H23年12月））

3. 発電（2）電源種別

【質問】 Q 3. 東日本大震災以降、原子力発電所の安全性はどのように確認されているのか？

【回答】

原子力発電所を所有する各事業者は以下の取組みを行っています。

○緊急安全対策の実施

- ・東日本大震災で起きた津波は、これまで想定されていたものよりはるかに高く、この津波によって、東京電力の福島第一原子力発電所は、全ての交流電源を喪失したため、原子炉や使用済燃料プールの冷却機能が働かず、放射性物質を外部に放出する重大な事態に至りました。
- ・このような重大事故を二度と起こさぬよう、各事業者は緊急点検の実施、緊急時の電源確保等の安全対策を実施しています。

○ストレステストの実施

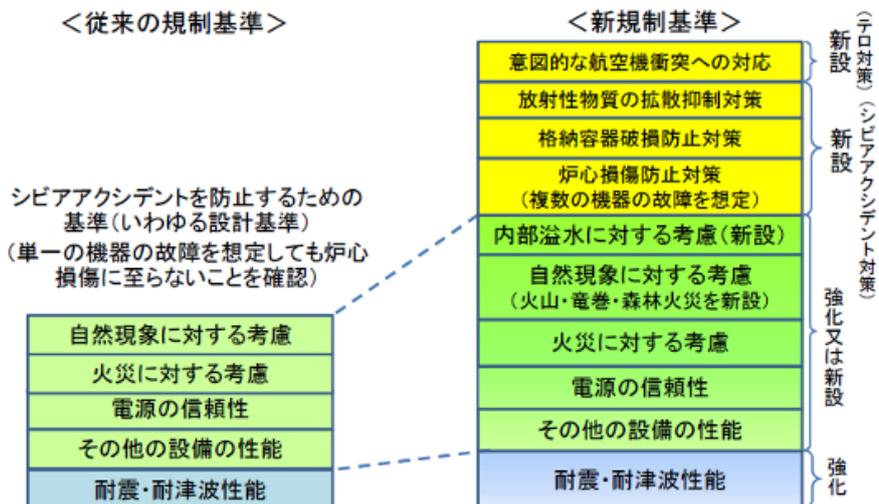
- ・政府の指示に基づき、原子力発電所の更なる安全性の向上と、安全性についての信頼確保のため、欧州諸国で導入されたストレステストを実施しています。

○新規制基準の施行

- ・福島原発事故以前の安全規制の問題点として、シビアアクシデント対策が規制の対象とされず十分な備えがなかったこと、また新たな基準を既設の原発にさかのぼって適用する法的仕組みがなく、常に最高水準の安全性をはかることがなされなかったことが指摘されました。
- ・これを踏まえ、新規制基準では、深層防護を基本とし、共通要因による安全機能の一斉喪失を防止する観点から、自然現象の想定レベルと対策レベルが大幅に引き上げられました。加えて、万一シビアアクシデントが発生した場合に備え、シビアアクシデントの進展を食い止める対策が要求されています。

【解説】

- ・従来の規制基準と新規制基準



(出典：原子力規制委員会「実用発電用原子炉及び核燃料施設等に係る新規制基準について」)

3. 発電（2）電源種別

【質問】 Q 4. 原子燃料サイクルの確立がなぜ必要なのか？

【回答】

原子燃料サイクルは、原子力発電の特長を生かすものであり、以下の利点があります。

1. 日本のエネルギー・セキュリティを高める

日本はエネルギー自給率が極めて低く、エネルギー資源の約 96%を海外からの輸入に依存しています。ウランも全量を海外からの輸入に頼っていますが、カナダやオーストラリアなど比較的政情の安定した国から輸入されており、埋蔵量は世界に分散されていることから、石油より供給の安定性に優れたエネルギー源です。原子燃料サイクルを確立することで、ウランを輸入する量が減少するため、供給の安定性がさらに強化されます。

2. 高レベル廃棄物の発生量を減少させる

使用済燃料を直接処分する場合（ワンス・スルー）は、使用済燃料全部を高レベル放射性廃棄物として処分しなければなりません。これに対し、再処理を行うと、高レベル放射性廃棄物の量を減らすことができ、放射能の影響度合いを低減させることが可能となり、放射性廃棄物の処分に関する負担も軽減されます。

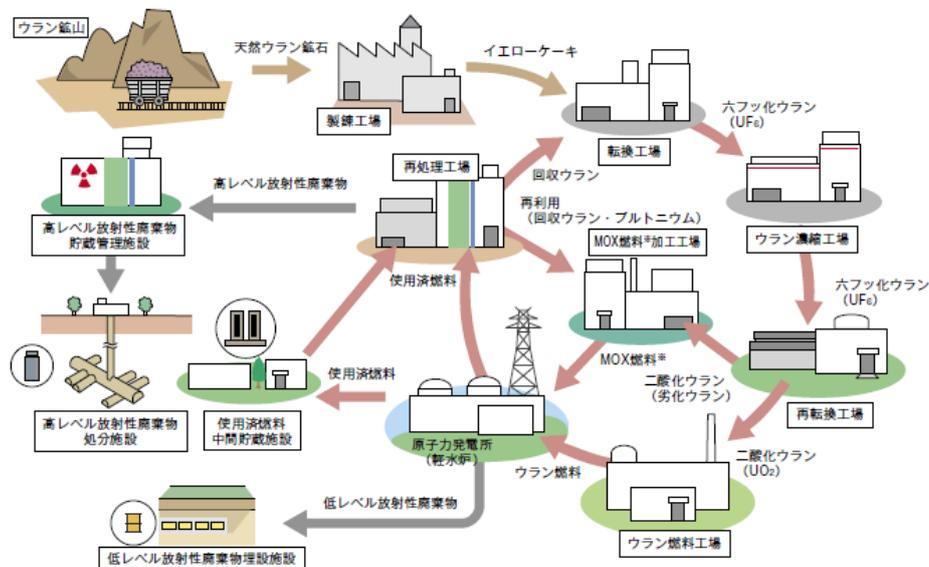
3. 余剰プルトニウムを持たない

「原子力の利用は平和利用に限る」とする日本は、余剰のプルトニウムをもたないことを国際的に表明しています。原子力発電によって生成されたプルトニウムを再び燃料として利用する原子燃料サイクルは、プルトニウムの消費においても大きな意義があります。

【解説】

・原子燃料サイクル

再処理により、使用済燃料からウラン・プルトニウムを回収して燃料の再利用が可能になります。また、高レベル放射性廃棄物を減容し、有害度を低減する効果があります。



(出典：電気事業連合会「原子力・エネルギー図面集」)

3. 発電（2）電源種別

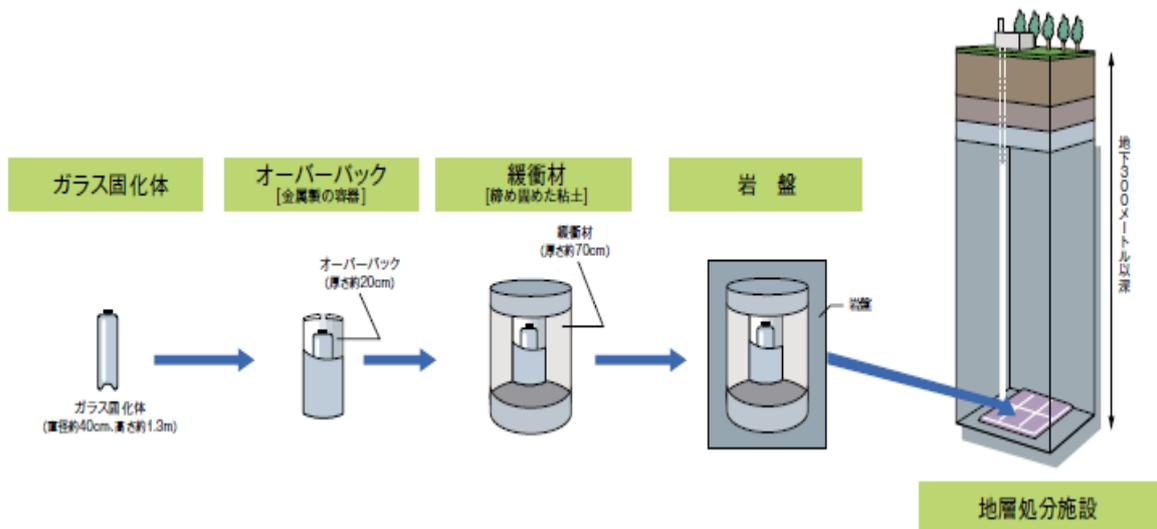
【質問】 Q5. 原子力発電所の使用済核燃料の処理は今後どうするのか？

【回答】

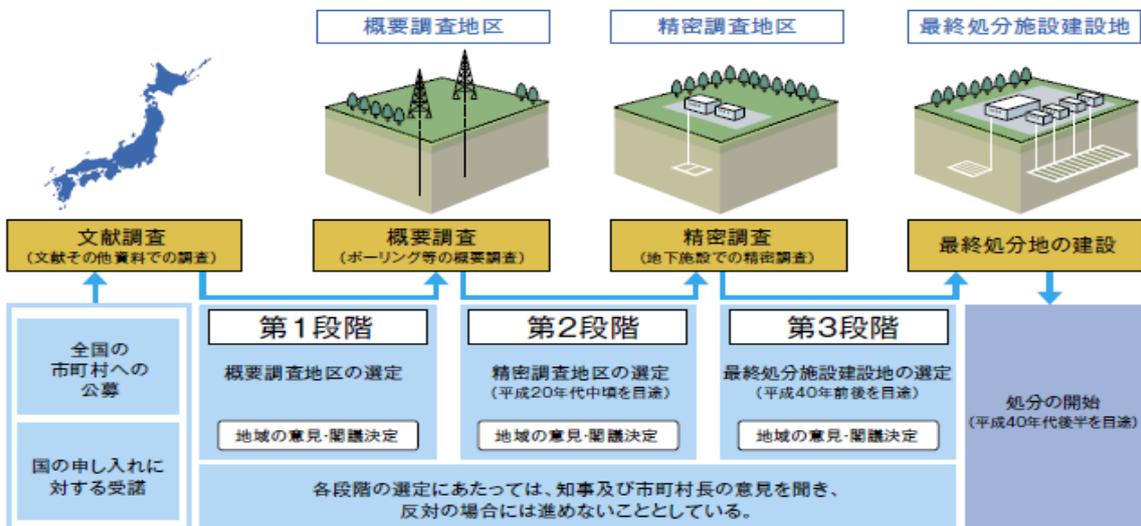
- ・使用済燃料の再処理過程で生成された高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）の最終処分については、30～50年間貯蔵管理された後、地下300m以上深く埋設処分する方針となっています。
- ・最終処分の安全を確保するため、構造物等の人工バリアと岩盤等の天然バリアの組合せにより、人間の生活環境への影響を十分小さくすることとしています。
- ・最終処分地の選定は、文献・概要・精密の3段階の調査（約20年）を経て行われることとなっています。

【解説】

- ・高レベル放射性廃棄物の最終処分



- ・最終処分地選定のプロセスと処分スケジュール



(出典：電気事業連合会「原子力・エネルギー図面集」)

3. 発電（2）電源種別

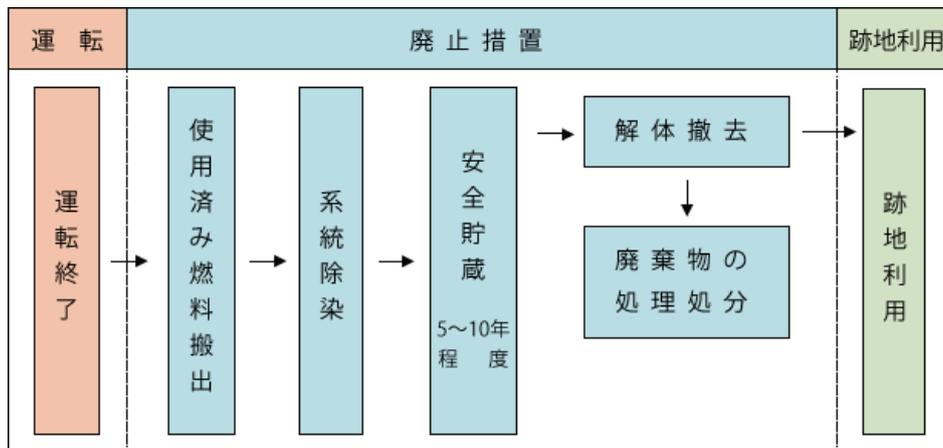
【質問】 Q6. 運転を終了した原子力発電所はどうするのか？

【回答】

- ・運転を終了した原子力発電所は、最終的には解体撤去するとともに、国土が狭いわが国において原子力発電のための立地条件を兼ね備えたこれら既設地点は、引き続き原子力発電所用地として利用していくことが、わが国の基本方針となっています。
- ・原子力発電所の解体撤去に関しては、すでに国内外においてその技術開発や実際の解体に取り組んでいますが、安全の確保を大前提に、廃止措置の標準工程に基づき、一層の作業の効率化、作業者が受ける線量の低下等を図る観点から、解体技術開発の推進が図られています。
- ・なお、平成13年12月から廃止措置に着手している東海発電所においては、平成17年12月に制度が施行された「クリアランス制度」に基づき、金属撤去物を一般の撤去物と同様に資源として採用するための搬出が平成19年6月から開始されています。

【解説】

- ・原子力発電所における廃止措置の工程



(出典：日本原子力発電株式会社ホームページ)

- ・クリアランス制度

運転中・解体中に発生する廃棄物で安全上「放射性物質として扱う必要のないもの」については、放射能を測定し安全であることを確認し、国のチェックを受けたあと、再利用できるものはリサイクルできる制度です。原子力発電所（110万kW）の解体撤去に伴って、発生する廃棄物の97%以上は放射性廃棄物として扱う必要のないものであり、残りの3%以下は低レベル放射性廃棄物です。

3. 発電（3）分散型電源

【質問】 Q 1. 大規模集中型電源と小型分散型電源のメリット、デメリットは？

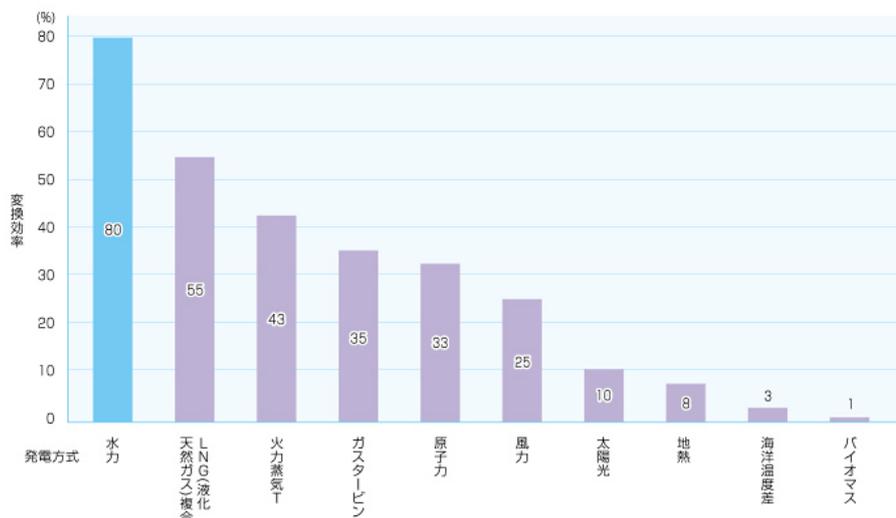
【回答】

・火力、原子力等の大規模集中型電源と再生可能エネルギーのような小型分散型電源のメリット、デメリットは以下のように言われています。

	メリット	デメリット
大規模集中型電源 (水力、火力、原子力等)	<ul style="list-style-type: none"> ・発電効率が良い ・一般的に小型分散型電源より大量の電気を安定的に供給できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・需要地から遠隔地に建設されることが多く、送電ロスが大きい ・電力輸送経路が断たれた場合、影響が広範囲に及ぶリスクがある
小型分散型電源 (風力、太陽光等)	<ul style="list-style-type: none"> ・送電ロスが少ない ・災害時などで広範囲に停電が発生した際にも部分的な電源供給がある程度期待できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・一般的に大規模発電設備よりも発電効率が低下する ・送電線や配電線での逆潮流への対応 ・(風力や太陽光のような) 自然エネルギーを利用したシステムは出力が変動しやすい

【解説】

・各種発電方式の発電効率



(出典：関西電力ホームページ)

・[逆潮流](#)について

太陽光等の電源が同一の配電系統に大量に連系した場合、その出力が設置箇所の消費電力を上回り、系統に電力が逆流することによって、配電系統電圧が上昇し、適正電圧範囲を逸脱する可能性があります。

3. 発電（3）分散型電源

【質問】 Q2. 再生可能エネルギーにより日本全体の電力供給を賄うことはできないのか？

【回答】

- ・ [日本の主な電気事業者による発電電力量実績](#)（約 8,200 億 kWh/年（平成 25 年度実績））に対し、再生可能エネルギーの大幅な普及拡大を目的に導入される固定価格買取制度（平成 24 年 7 月法施行）により見込まれる再生可能エネルギーの発電電力量は、国の試算によると、制度開始後 10 年目でも、約 400～500 億 kWh/年で約 5%程度と想定されています。
- ・ 太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの普及は、[エネルギー自給率の向上](#)や[地球温暖化問題への対応](#)などの観点から重要ですが、現段階では再生可能エネルギーによる発電だけで日本の電力供給を賄うためには、例えば、大型の発電機 1 台に相当する 100 万 kW 級の太陽光発電をつくろうとした場合、山手線で囲まれた範囲と同じ面積が必要となります。また、自然条件によって発電が左右されて安定せず[発電コストも割高](#)といえます。
- ・ 再生可能エネルギーの大量導入に関する技術開発が進められていますが、現状では、上記の理由により、全てを賄うことは現実的にほぼ不可能といえます。

【解説】

電源種別毎のエネルギー密度

- ・ 太陽光発電、風力発電のエネルギー密度は小さく、100 万 kW の原子力発電所や火力発電所 1 基（敷地面積 0.6km^2 ）を代替する場合の必要な敷地面積は、以下の通り広大なものとなります。

	原子力発電・火力発電	太陽光発電	風力発電
必要な敷地面積	約 0.6km^2	約 58km^2	約 214km^2

（出典：第 1 回低炭素電力供給システム研究会資料，
平成 25 年度電気学会公開シンポジウム）

3. 発電（3）分散型電源

【質問】 Q3. 再生可能エネルギーの固定価格買取制度とはどのようなものか？

【回答】

- ・太陽光発電については、平成 21 年 11 月から需要家の発電設備で発生した電気を電気事業者が法律に基づき買い取る制度が導入されてきました。平成 24 年 7 月 1 日から「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」に基づき、太陽光発電、風力発電、中小水力発電、地熱発電及びバイオマス発電についても [固定価格買取制度](#) が導入され、これらの発電設備の普及促進が図られることになりました。
- ・この制度により、発電した電気を一定期間、告示により定められた価格で電気事業者が買い取ることとなります。従来の制度による太陽光発電設備の電力は、発電電力と需要家の消費電力との差である「余剰電力」が対象になっていましたが、今回の制度は、発電量全体が買取りの対象になりました。

【解説】

- ・平成 26 年度告示価格

太陽光	10kW以上	10kW未満	10kW未満 (ダブル発電)
調達価格	32円+税	37円	30円
調達期間	20年間	10年間	10年間

風力	20kW以上	20kW未満	洋上風力(※)
調達価格	22円+税	55円+税	36円+税
調達期間	20年間	20年間	20年間

※建設及び運転保守のいずれの場合にも船舶等によるアクセスを必要とするもの。

地熱	15,000kW以上	15,000kW未満
調達価格	26円+税	40円+税
調達期間	15年間	15年間

水力	1,000kW以上 30,000kW未満	200kW以上 1,000kW未満	200kW未満
調達価格	24円+税	29円+税	34円+税
調達期間	20年間	20年間	20年間

既設水路 活用中小 水力(※)	1,000kW以上 30,000kW未満	200kW以上 1,000kW未満	200kW未満
調達価格	14円+税	21円+税	25円+税
調達期間	20年間	20年間	20年間

※既に設置している導水路を活用して、電気設備と水圧鉄管を更新するもの。

バイオ マス	メタン発酵 ガス (バイオマス由来)	間伐材等 由来の木質 バイオマス	一般木質 バイオマス・ 農作物残さ	建設資材 廃棄物	一般廃棄物 その他の バイオマス
調達価格	39円+税	32円+税	24円+税	13円+税	17円+税
調達期間	20年間	20年間	20年間	20年間	20年間

(出典：資源エネルギー庁ホームページ)

3. 発電（3）分散型電源

【質問】 Q 4. 日本で再生可能エネルギーの普及が進んでいないのはなぜか？

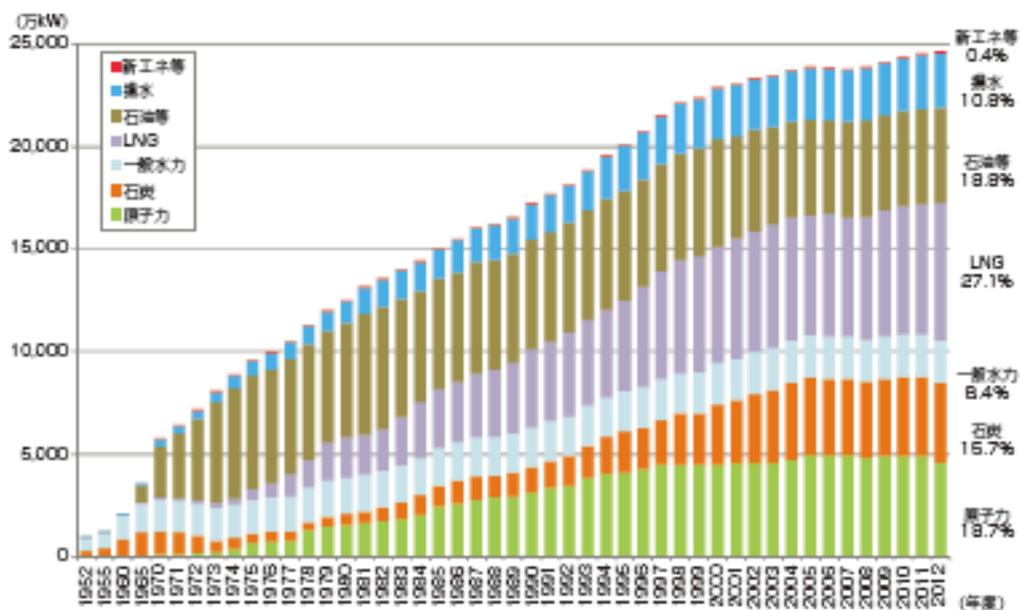
【回答】

- 再生可能エネルギーとは、「絶えず資源が補充されて枯渇することのないエネルギー」という意味で、具体的には、水力、太陽光、風力、バイオマスなどがあげられます。そのうち、水力については、電気事業の発足以降、一般電気事業者を中心に、資源の少ない日本の純国産エネルギーとして豊富な水資源を有効活用しながら、水力発電所として開発が進められてきました。
- 一方で、太陽光、風力などは、エネルギー密度が低く、経済性の面から制約があることから普及には課題がありました。そのため、普及のために支援を必要とする電源を「新エネルギー」として、国が支援をしながらその普及が進められています。また、太陽光や風力は、自然条件によって発電が左右されて安定せず出力が大きく変動することから、それによる電力系統への影響についても、同時に解決しながら、普及を進めていく必要があります。

【解説】

- これまで純国産エネルギーである水力を含め、以下のとおり、多種多様な電源の開発が進められてきました。

発電設備容量の推移（一般電気事業用）



（出典：資源エネルギー庁「エネルギー白書 2014」）

4. 電力流通（1）送電方式

【質問】 Q 1. なぜ交流送電が採用されているのか？

【回答】

- ・電気を供給する事業は、エジソンがニューヨークで直流による供給を始めたのが最初となります。直流方式では、電線の長さがある程度長くなると、電灯の使用が集中する夕方に末端で電圧が大きく低下し電灯が暗くなる、あるいは電圧の変換（変圧）ができないことから電圧の異なる電灯用と電動機用に別々に配電線を設置しなければならない等の問題があったため、その後、交流方式で変圧器の利用により高電圧化して広範囲に送電を行うライバル会社との競争に敗れてしまいました。このように、今日の電気事業で交流送電が利用されている最大の理由は、電圧の変換（変圧）が容易であることといえます。
- ・現在では、直流を一旦交流に変換し変圧して再度直流に戻す等の技術の進展により、直流の変圧も可能となりましたが、大容量の変換器のコストが高いなどの理由で直流送電は部分的な利用に留まっています。
- ・交流送電を使う利点は他にもあり、現在主流の回転型の発電機は交流の電力を発生するためそのまま送電が可能となる点や、電流の遮断時に発生するアークが少なくて済むため遮断が容易で機器が安くなる点などが挙げられます。なお、電流の遮断を行う機器は、家庭用と電力用では電流（容量）が異なります。

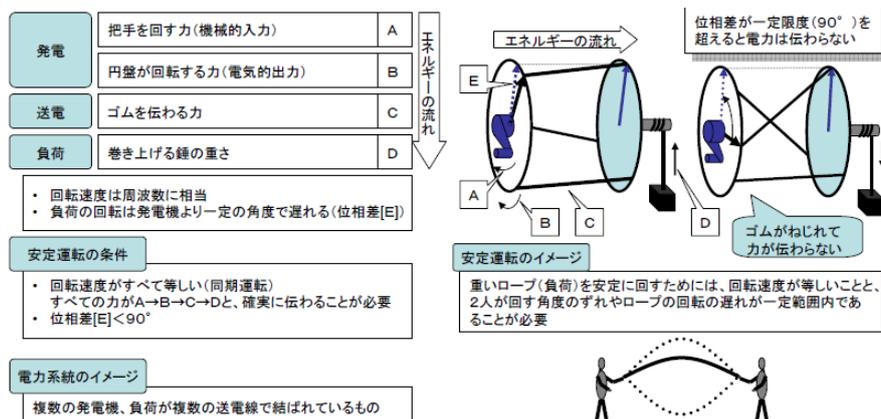
【解説】

- ・交流送電が直流送電に比べてデメリットとなる点も存在します。例えば、交流系統が拡大すると、送電線のループ状の接続や変圧器の並列運転などにより電力系統内のインピーダンスが小さくなり、事故時に流れる電流が増加します。いわゆる電力系統の短絡容量の増大につながり、事故の除去が難しくなったり、電流を遮断するための遮断器に大きく高価なものが必要となったりします。

※一般的にブレーカーと呼ばれる家庭用の遮断器では定格遮断電流が数十アンペアであるのに対して、電力用の遮断器では、数万アンペアにもなります。

- ・また、交流送電では線路のインピーダンスの影響により電流と電圧の波形に位相差が生じます。位相差は有効電力を送電するための重要な要素ですが、 90° を超えると安定した送電（系統安定度）が保てなくなるという制約があります。

系統安定度のイメージ



(出典：電力系統利用協議会「電力系統利用に関する技術資料」)

4. 電力流通（1）送電方式

【質問】 Q2. なぜ高い電圧で送電しなければならないのか？

【回答】

- ・ 次の2つのメリットがあるため、より高い電圧で交流送電を行っています。
 - ① 送電ロスを低減することで、エネルギー損失を減らすことができます。
 - ② 安定的に送電できる限界が高くなり、より多くの電力の送電が可能となります。

【解説】

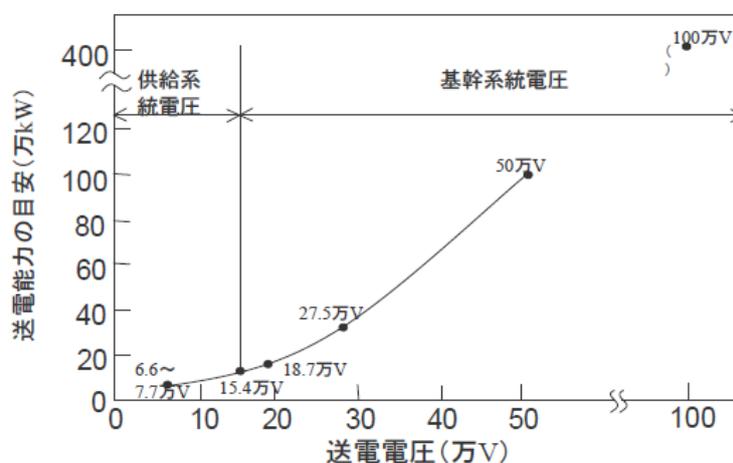
(送電ロスについて)

- ・ 送電線には抵抗 (R) があり、電流 (I) が流れることで熱エネルギーとして消費されていきます。これが送電ロスといわれるものです。送電ロスとして消費されるエネルギー (P) は $P=I^2R$ で計算されます。送電線路が長くなればなるほど抵抗 R も大きくなるため送電ロスが増大します。抵抗 R はほぼ一定 (正確には温度で変化しますが) ですので、電流 I が大きくなるとその2乗で送電ロスが増加することになります。
- ・ 電気エネルギー P は電圧 (V) を用いて $P=IV$ とも表されますが、この式は、同じエネルギー P を送電する場合、電圧 V が高ければ、それに反比例して電流 I が小さくて済むことを示しています。送電ロスの場合も同様で、送電線の電圧 V を上げれば、電流 I が小さくなり、エネルギーのロスを小さくすることができるのです。

(系統の安定度について)

- ・ 交流送電で送電できる能力は、電流と電圧の位相差が 90° を超えないことが条件の1つですが、これは送電電圧の2乗に比例して大きくなります。したがって、より大きな電力を送電したい場合には電圧を高くすることが有効となります。

送電電圧と送電能力の目安の関係



(出典：「電力系統の基本的要件と我が国の電力系統の特徴について」(横山明彦氏))

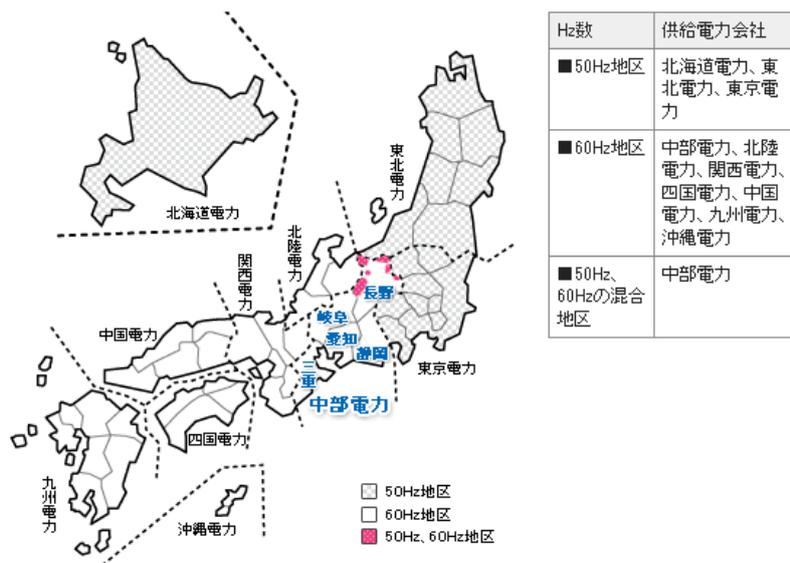
4. 電力流通（1）送電方式

【質問】 Q3. なぜ日本は50Hzと60Hzがあるのか？

【回答】

- ・明治時代に、関東にはドイツから50Hzの発電機が、関西には米国から60Hzの発電機が輸入されました。当時は地域間がつながっていなかったため別々の周波数が使われました。
- ・現在も当時の流れをくむ形で東地域では50Hz、西地域では60Hzの周波数となっています。

日本の周波数分布一覧



(出典：中部電力ホームページ)

【解説】

- ・世の中で交流電力が使われ始めたころは、白熱電球、変圧器、アーク灯、誘導電動機などの負荷特性に適するような周波数が独自に選ばれたため25～133.3Hzの幅で複数の周波数が使われていました。
- ・1890年以降の米国では、変圧器や誘導電動機が実用化されるようになりましたが、当時の技術水準では周波数の高い機器の製作が困難でした。同じ頃、水力発電による長距離送電が始まりましたが、周波数が高いと電圧降下が大きくなるため周波数を低くする必要があり選ばれたのが25Hzでした。1900年頃になると、メーカーや電気事業者により、送電や大きい電動機に対しては25Hz、もっと広い目的のシステムのためには60Hzにまとまる動きが出てきました。その後の高速タービンの原動機の出現により60Hzへ向かう傾向が加速されました。
- ・一方、欧州では、ドイツで周波数の基準化の動きがあり50Hzと決められました。同じ頃、英国では地域によって異なる周波数が使用されていましたが、第1次大戦後に周波数を統一する法律ができ50Hzを標準周波数とすることになりました。
- ・このようにして、米国では60Hz、欧州では50Hzという形が形成されています。

4. 電力流通（1）送電方式

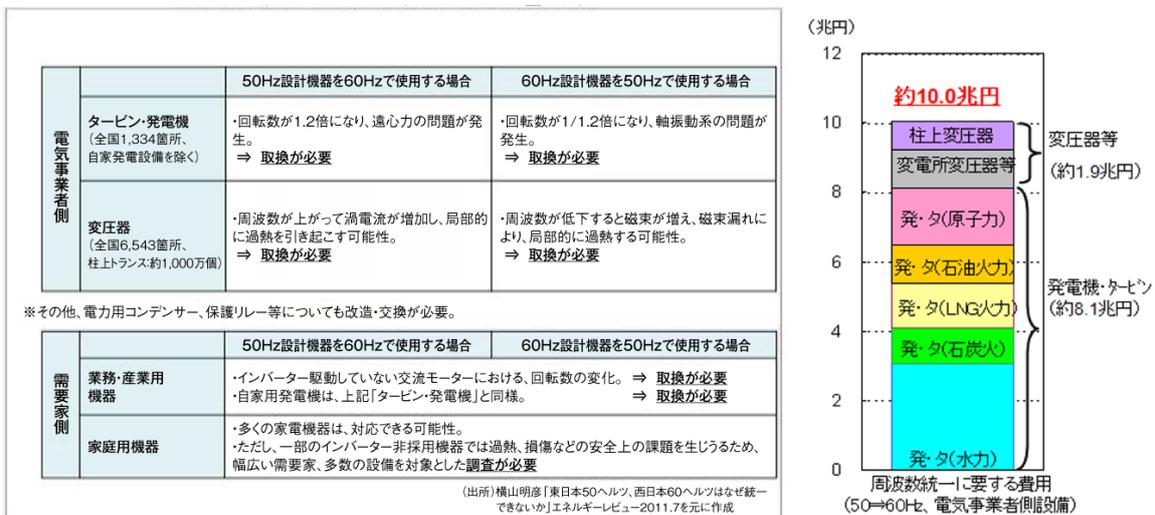
【質問】 Q 4. 日本の周波数を統一できないのか？

【回答】

- ・現在、日本では 50Hz と 60Hz が使用されていますが、統一するには、例えば、50Hz あるいは 60Hz、その中間の 55Hz に統一などの案が考えられます。
- ・周波数を統一しようとする、回転機である発電機やモーター等の振動や発熱、機械系の疲労が問題になるため、電力の供給側、需要側のそれぞれの設備を交換する必要があります。
- ・設備の交換は、長期に亘ること、費用が莫大となること（電気事業者だけでも 10 兆円という想定もあり需要家を含むと更に莫大な費用）、改修期間中の電力供給を考慮すると現実的には容易ではありません。
- ・これまでも第二次世界大戦中から戦後にかけて検討が行われましたが、こうしたことから周波数統一は進みませんでした。
- ・また、仮に日本全国を例えば 50Hz あるいは 60Hz に統一したとしても、交流送電に由来する 系統安定度 などの問題により 部分的に直流送電が必要 になります。このため、周波数変換設備と類似の設備が必要になります。

【解説】

- ・周波数統一に伴う影響には以下のようなものがあります。



(出典：電力システム改革専門委員会 地域間連系線等の強化に関するマスタープラン研究会「中間報告書」
「中間報告 参考資料集」)

- ・上表のとおり、家庭用機器では洗濯機など部品交換が必要な機器が一部ありますが、近年インバータ内臓機器が増え、50Hz でも 60Hz でも使用できる機器が増えています。
- ・ 周波数統一に関する概念図 を資料集に記載します。

4. 電力流通（1）送電方式

【質問】 Q5. なぜ一部で直流送電が採用されているのか？

【回答】

- ・直流送電は次のような理由で長距離の送電を行う場合に採用される場合があります。
- ① 直流送電の送電線は、交流送電の3本に対して2本または1本で済むため、長距離になればなるほどコストメリットが働きます。但し、直流送電は交直変換設備が必要となることから、その分の費用が余計にかかります。
- ② 直流送電は交流送電に由来する系統安定度の制約がなく、電線の許容電流の限度まで送電利用することができるため長距離に有利となります。
- ③ 特にケーブル送電（海底ケーブル等）の場合は静電容量の影響を受けず損失の小さい直流送電が適しています。
- ・周波数の異なる系統を接続する場合や、交流送電系統が大きくなることで生じるデメリット等から交流送電系統同士を接続する場合（交流送電ループを作らないようにする場合（BTB）を含む）にも利用される場合があります。
- ・一方、短所としては、電流を遮断することが難しいこと、多端子構成が困難で送電線網の系統構成の自由度が低いこと、漏れ電流などによる地中埋設物に対する電食が生じる場合があること、交直変換設備がある場合は装置から高調波を生じるため対策が必要なことなどがあげられます。

【解説】

日本における直流送電の事例

	距離 (km)	電圧 (kV)	設備容量 (MW)	運転 開始年	備考
北海道・本州間連系設備	167	250	600	1979	ケーブル43km含む
紀伊水道直流連系設備	100	250	1400	2000	ケーブル50km含む
佐久間周波数変換所	—	—	300	1965	周波数変換
新信濃変電所（周波数変換設備併設）	—	—	600	1977	周波数変換
東清水変電所（周波数変換設備併設）	—	—	300	2006	周波数変換
南福光連系所	—	—	300	1999	BTB

【質問】 Q 6. 電力系統の短絡容量が大きくなると、どのような影響があるのか？

【回答】

- ・短絡（ショート）とは、電気が流れている電線の導体同士が直接接触し、負荷抵抗が電線抵抗のみになった状態のことを言います。電力系統で短絡が発生すると、各電源から短絡地点に向かって短絡電流が流れます。
- ・短絡電流に線間電圧を乗じたものが短絡容量となりますが、短絡電流は電力系統内のインピーダンスによりその大きさが決まります。電力系統が大きくなるとインピーダンスが小さくなり、短絡電流が増大するため、短絡容量が大きくなります。
- ・短絡容量が大きくなるということは、短絡時に流れる電流が大きくなるということを意味しており、過大な電流が流れると電線や遮断器などの電力系統内の設備が発熱したり、場合によっては焼損するなどの故障を引き起こすことになります。

【解説】

- ・電力系統に事故が生じた際に当該箇所を遮断器が切り離しますが、その際に流れる電流に耐え得る機器を設置しなければならないため、短絡容量（電流）を考慮して仕様が決定されます。
 - ・電流を遮断することは、電流が小さな時は容易にできますが、大電流では困難となり、現在の技術で遮断できる最大電流は 500kV クラスで 63kA です。これまで、遮断部の改良や材料等の開発により、63kA の遮断を実現しておりますが、この大きさを更に増加させるためにはより一層の研究開発が必要です。つまり、短絡容量が過大になりすぎると必要となる機器が高価になるため、系統の短絡容量を低下させるように、以下の対策をとる場合があります。
- ① 電力系統の分割
 - ② 高次系統電圧の導入
 - ③ BTB による電力系統の分割
 - ④ 高インピーダンス機器の採用
 - ⑤ 限流リアクトルの採用

4. 電力流通（2）広域連系

【質問】Q1. これまでの電力会社はどのような考え方で地域間連系線を整備してきたのか？

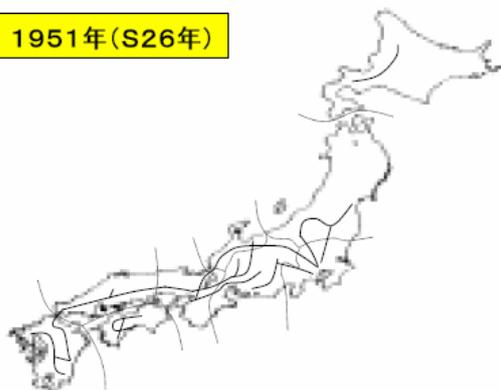
【回答】

- ・我が国の連系線整備（建設・増強）は、これまでの電気事業の歴史の中で、電力の安定供給と経済性の両立を図るべく、現在の9電力会社が主体となり、関係者が一致協力して長い年月をかけて進められてきました。
- ・具体的には、その時代の経済・需要動向、電源開発をめぐる状況を踏まえて「広域運営」という考え方にに基づき整備されてきました。
- ・当初は、戦後復興の高い経済成長率を背景に電力需要が急伸し電源開発が急速に進められたため、従来の「自給自足を前提とする電源開発」に代わり、「各電力会社の電源開発計画等を全国的視野から経済的開発を図る」との考え方に基づいて、地域間連系の整備が拡大されていきました。
- ・その後、広域運営体制強化の観点から各地域の電力会社や電源開発株式会社が一体となった検討体制の整備・強化により、電力需給の広域的調整のための連系線の拡充が進められ、現在の連系線網の形となりました。

【解説】

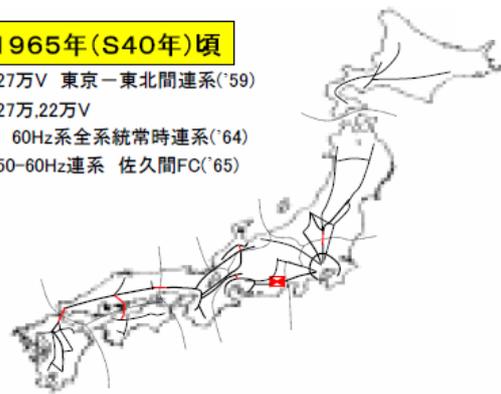
連系線整備の歴史

1951年(S26年)



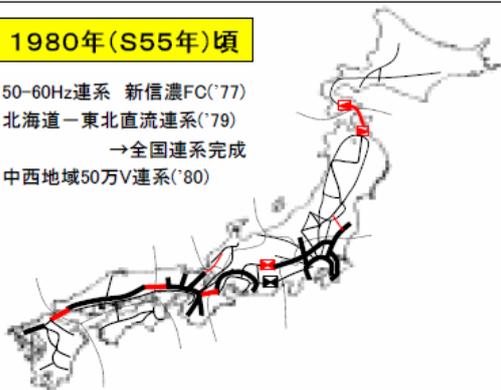
1965年(S40年)頃

- ・27万V 東京－東北間連系('59)
- ・27万,22万V
60Hz系全系統常時連系('64)
- ・50-60Hz連系 佐久間FC('65)



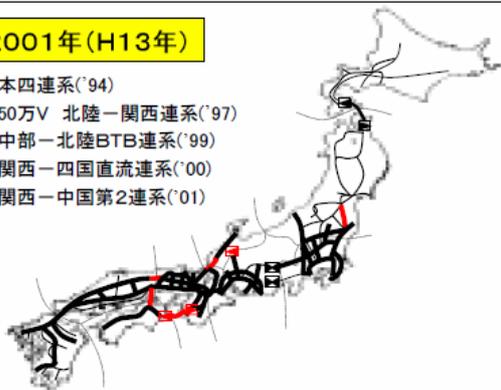
1980年(S55年)頃

- ・50-60Hz連系 新信濃FC('77)
- ・北海道－東北直流連系('79)
→全国連系完成
- ・中西地域50万V連系('80)



2001年(H13年)

- ・本四連系('94)
- ・50万V 北陸－関西連系('97)
- ・中部－北陸BTB連系('99)
- ・関西－四国直流連系('00)
- ・関西－中国第2連系('01)



(出典：電力系統利用協議会「連系線整備（建設・増強）に関する勉強会 とりまとめ報告書 [資料編]」)

4. 電力流通（2）広域連系

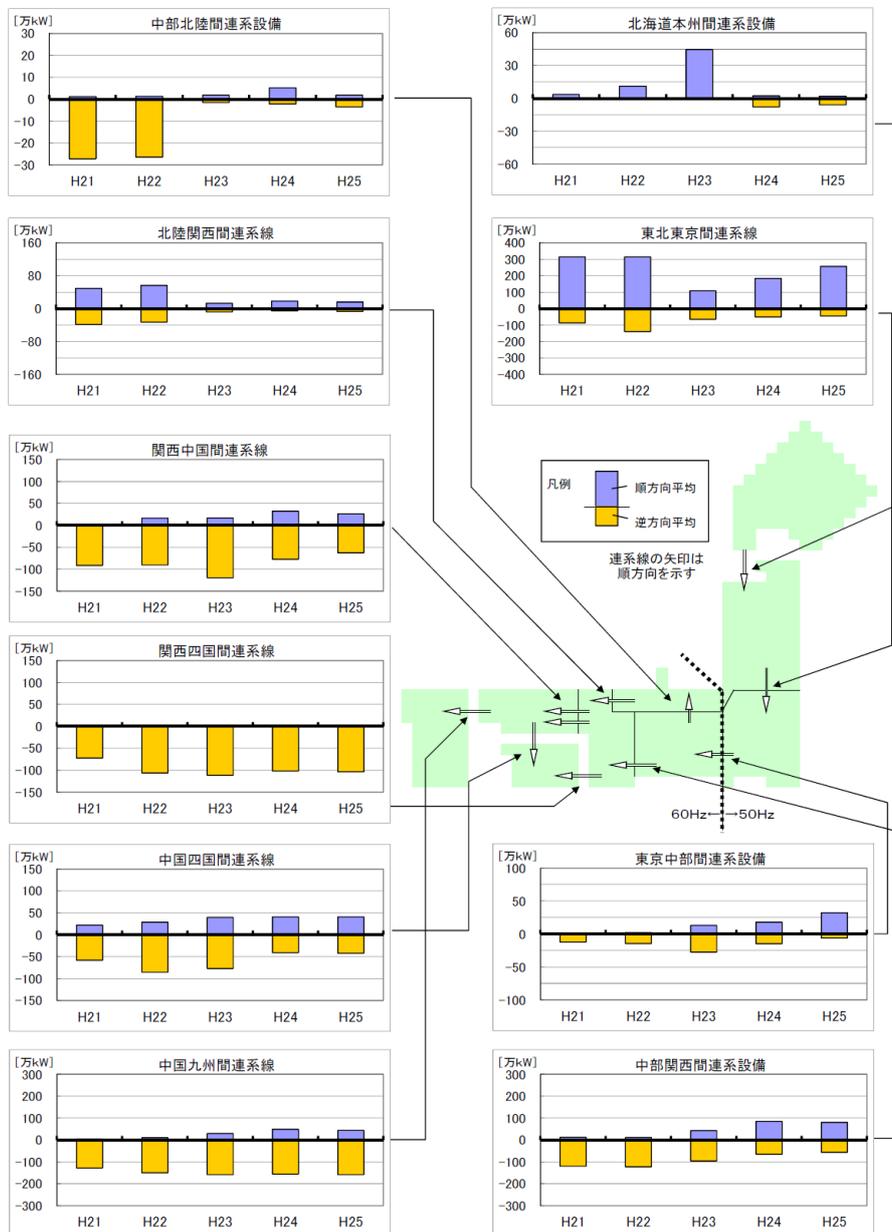
【質問】 Q 2. 地域間連系線の使用状況の推移はどのようになっているのか？

【回答】

- ・ 年間の連系線別の利用実績でみると、多くの連系線で平成 23 年度から状況が変化しています。例えば、以前は西日本では、九州地域から中部地域に向けてほぼ一方方向に流れていましたが、逆方向の流れも増加しています。（例えば、平成 24 年度断面では、関西中国間では 40 万 kW 程度、中部関西間では 100 万 kW 程度の逆方向の潮流が流れています。）
これは、東日本大震災後の原子力発電所の停止による影響と考えられます。

【解説】

連系線別利用実績 [平成 21 年度～平成 25 年度]



(出典：電力系統利用協議会「ESCJ 年報 -平成 25 年度版-」)

【質問】 Q3. 海外とは系統連系しないのか？

【回答】

- ・欧州では、[系統安定度](#)や需給バランスの向上などを目的に、地続きである国間はもちろん、英－仏間、デンマーク－ノルウェー間などの海峡においても海底ケーブルで接続するなどして広域な国際連系を行っています。今後も、[10カ年ネットワーク開発計画](#)により更なる強化を行う予定となっています。
- ・日本と海外との系統連系に関しては、政府の委員会で、エネルギー・セキュリティ、安全保障などの多面的な観点からの課題の検証をした上で、電力の安定供給の観点から先入観を持たずに検討を行っていくことが必要とされています。
- ・現在、構想されている日本と海外との連系には次のようなものがあります。
 1. アジアスーパーグリッド構想（自然エネルギー財団）
北海道－ロシア、九州－韓国－中国を連系して、東南アジアやインドまで展開
 2. アジア太平洋電力網イメージ（日本創成会議）
九州－韓国、九州－沖縄－台湾－フィリピンを連系して、東南アジアやオーストラリアまで展開
 3. NAUTILUS INSTITUTE for security and sustainabilityによる提案
北海道－サハリン－ロシア、九州－韓国－北朝鮮－中国を連系
- ・実際に海外との系統連系の検討を行う際には、どこの国と連系を行い、費用負担をどのようにするかなども課題となります。

【解説】

「電力システム改革専門委員会地域間連系線等の強化に関するマスタープラン研究会中間報告より」に以下のような国際連系線に関する記載があります。

- 国際連系線については、電力に係るエネルギー・セキュリティ上の観点、安全保障上の観点、法制的な観点をはじめ、多面的な観点から課題の検証が必要となる。
- 他方、昨今の電力の需給状況を踏まえれば、安定供給等の観点から、国際連系線についても先入観を持たない真摯な検証を行っていくことが必要である。
- その際、以下の点について留意が必要。
 - 国際連系線に係るプロジェクトについては、的確に情報収集を行い、検討されている内容等について正確に把握することが重要。
 - その上で、費用対効果等を具体的に分析・検証する必要。

上記分析・検証の結果等を踏まえ、[地域間連系線](#)等の整備など他のオプションとの比較を行い、オプションとしての優先順位を整理するべきである。

4. 電力流通（2）広域連系

【質問】 Q 4. 競争を促進するために地域間連系線を増設すべきではないか？

【回答】

- ・ **地域間連系線**については、政府が検討した「電力システム改革専門委員会報告書（平成25年2月）」にて、“小売全面自由化に併せ、卸電力市場の活性化、送配電部門の一層の中立化や**地域間連系線**等の強化を進めることで、小売市場で活発な競争が行われ、効率化が図られる環境を整備していく”と記載され、今後創設される広域機関にて検討を行っていくといった方向性が示されています。
- ・ **地域間連系線**等の強化では、競争促進の観点のほか、再生可能エネルギー導入拡大の観点、大規模事故時に影響が広域に広がる可能性などの系統安定上の観点、並びに、その費用負担の方法や金額の妥当性などを検討していく必要があります。また、制度改正や運用の見直し等で連系線増強（設備投資）に依らない対応方法についても検討を行うべきとされています。

【解説】

地域間連系線等の強化に関するマスタープランの概要

○ 安定供給確保や再生可能エネルギー導入促進等の観点から、地域間連系線等の強化について、今後、我が国において特に優先的に実行に移すべき施策について検討・整理を行ったところ、以下の方針のもとに増強等を図ることとする。

<FC(周波数変換設備)の増強>

- 2020年度を目標に、容量を90万kW(210万kWまで)増強する。
- それ以降、できるだけ早期に300万kWまで増強する。

<北本連系設備の増強>

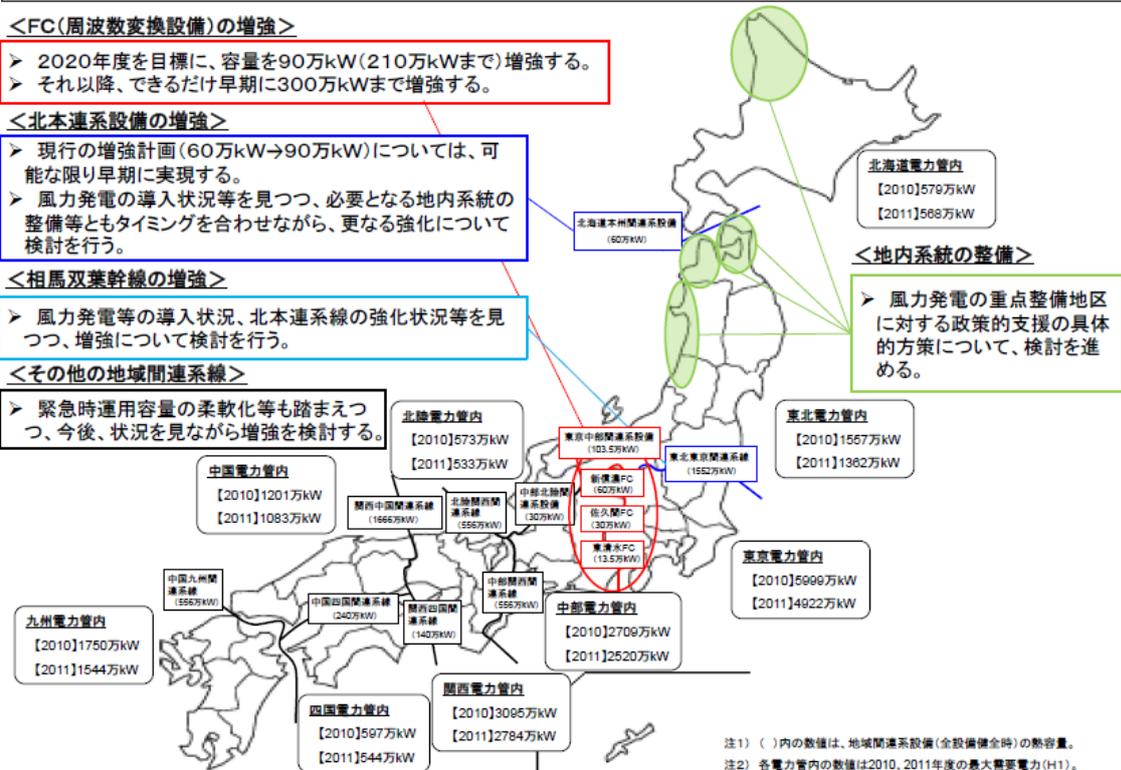
- 現行の増強計画(60万kW→90万kW)については、可能な限り早期に実現する。
- 風力発電の導入状況等を見つ、必要となる地内系統の整備等ともタイミングを合わせながら、更なる強化について検討を行う。

<相馬双葉幹線の増強>

- 風力発電等の導入状況、北本連系線の強化状況等を見つ、増強について検討を行う。

<その他の地域間連系線>

- 緊急時運用容量の柔軟化等も踏まえつつ、今後、状況を見ながら増強を検討する。



注1) ()内の数値は、地域間連系設備(全設備健全時)の熱容量。
 注2) 各電力管内の数値は2010、2011年度の最大需要電力(H1)。

(出典：「地域間連系線等の強化に関するマスタープラン中間報告書の概要」)

4. 電力流通（3）送電線利用

【質問】 Q 1. 接続検討とはどのようなことをするのか？

【回答】

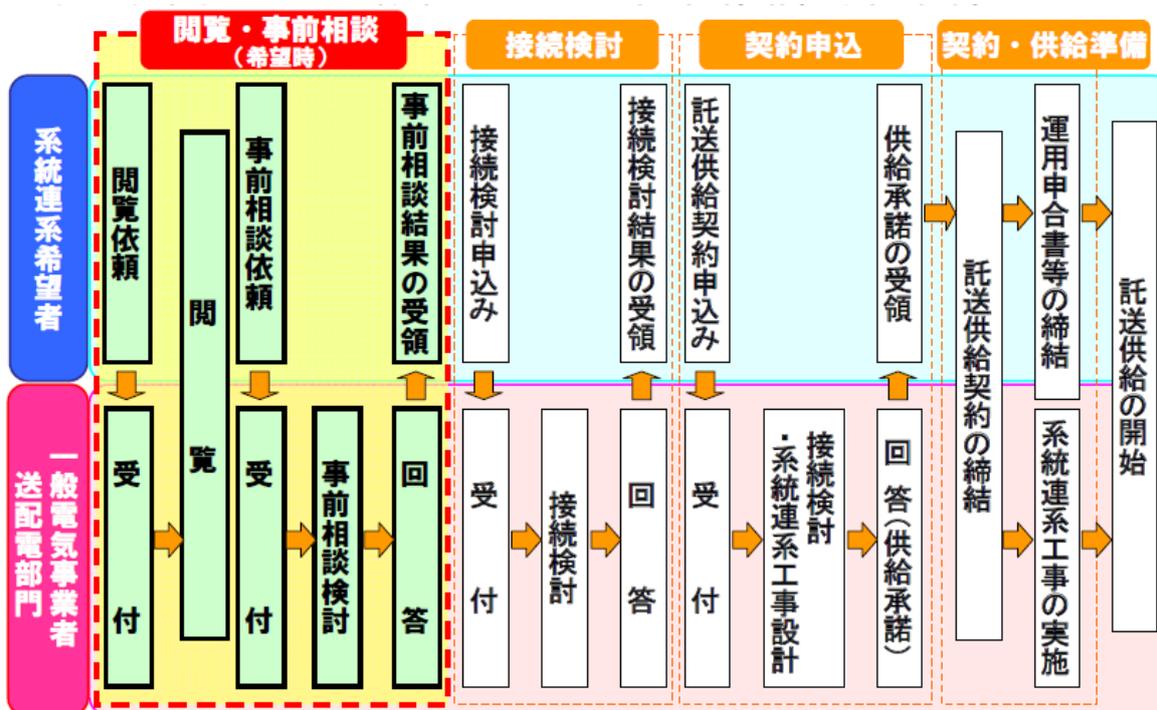
・電力小売自由化（[参照1](#)、[参照2](#)）に伴い、新規事業者（新電力）が一般電気事業者（電力会社）の保有する流通設備を利用して発電や販売を行う場合、この一般電気事業者が電気の輸送を行うサービスを託送供給といいます。この時、発電設備や需要設備を電力系統に連系するうえでの技術的な検討を行います。主な検討内容は以下の通りです。

- ①電力系統への連系の可否
- ②電力系統への連系工事の概要
- ③連系のための工事費や所要工期
- ④必要に応じて、発電事業者側の必要な技術的な対策

【解説】

・電力系統への連系フロー

例えば、発電設備を電力系統に連系し、託送供給しようとする場合は、一般電気事業者の送配電部門を通して、連系にあたっての方法等、あらかじめ接続検討を行う必要があります。接続検討の結果をもとに、連系のために必要な対策を決定し、託送供給契約を行い、必要な準備を行った上で、託送供給開始が可能となります。



(出典：電力系統利用協議会「電力系統利用協議会ルールの解説（ルール概要編）」)

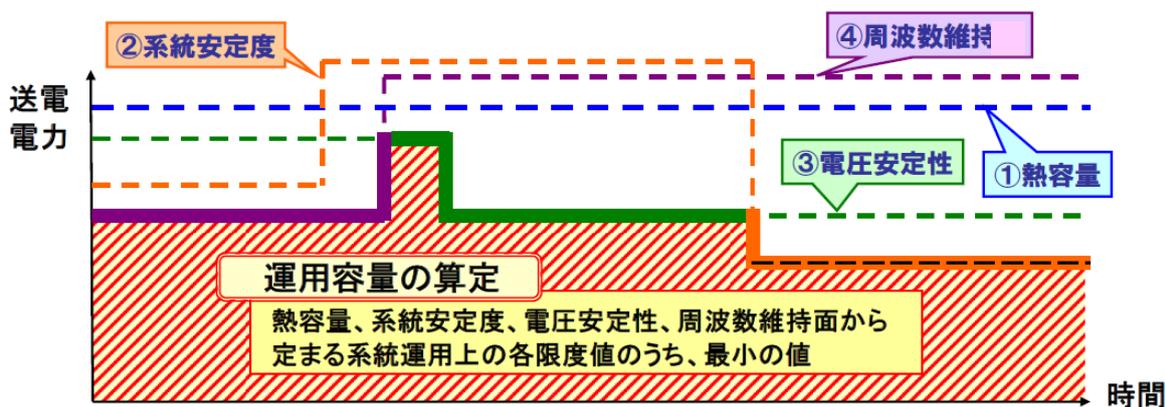
【質問】 Q2. 送電線を利用するにあたって、どのような制約条件があるのか？

【回答】

- ・送電線の運用容量（制約条件）は、以下の各限度値のうち最小の値として算定されます。
 - ①熱容量 : 送電線1回線や変圧器1台故障の際に他の健全設備の連続許容温度（連続的に使用が可能な温度）から求められる電流または直列機器（遮断器、変圧器等）の定格電流に基づく電流の値。
 - ②系統安定度 : 万一の想定故障（送電線の1回線故障や変電所の片母線故障等）の発生を模擬した場合においても、発電機の安定運転が維持できる電流の値。
 - ③電圧安定性 : 万一の想定故障の発生を模擬した場合においても、電力系統の電圧上昇（または低下）を限度範囲内に維持できる、または電圧を安定的に維持できる電流の値。
 - ④周波数維持 : 万一の故障時に電力系統が分断されたとしても、それぞれの系統が大幅な周波数上昇（または低下）することなく、周波数を安定的に維持ができる電流の値。具体的には、切り離された電力系統において、連鎖的に電源脱落や需要の停止に至らないこと等を考慮して定められる。
- ・また、短絡電流、電圧変動や高調波の系統への影響なども制約となる可能性があります。

【解説】

- ・運用容量は、熱容量、系統安定度、電圧安定性、周波数維持面から定まる系統運用上の各限界値のうち、最小の値。



（出典：地域間連系線等の強化に関するマスタープラン中間報告書 参考資料集）

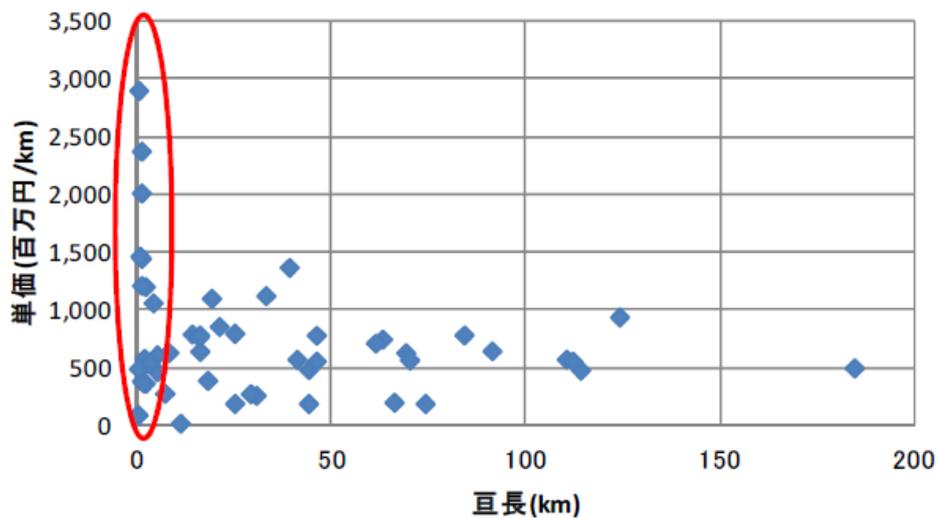
4. 電力流通（3）送電線利用

【質問】 Q3. 送電線の建設には、どの程度の時間とコストがかかるのか？

【回答】

- ・「地域間連系線等の強化に関するマスタープラン中間報告書」（平成24年4月）には送電線新設工事（500kV送電線2回線、亘長20kmの場合）の工期は約10年と報告されています。
- ・また、電圧が高くなるほど、送電線の単価は高くなる傾向にあります。
- ・送電線の単価は、亘長によっても差異がありますが、亘長が短いほどばらつきが大きくなる傾向が見られます。

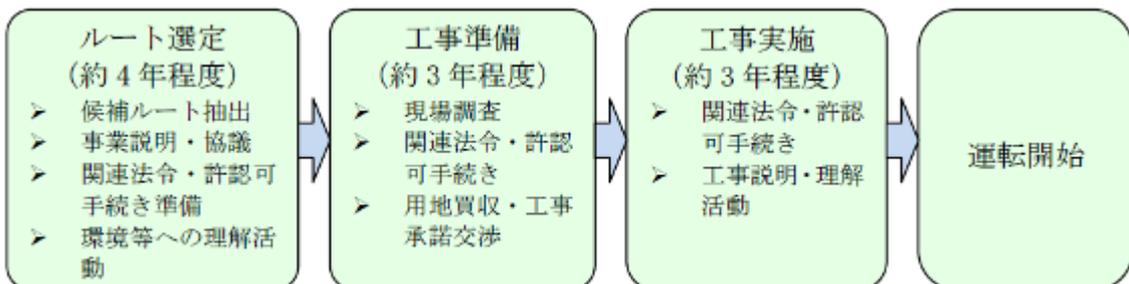
亘長に対する架空送電線単価（百万円/km）の分布



（出典：トーマツ「送電線工事費用と期間に関する考察」（平成24年3月26日））

【解説】

- ・架空送電線工事（500kV送電線2回線、亘長20kmの場合）の標準的な工期内訳は以下の通りです。



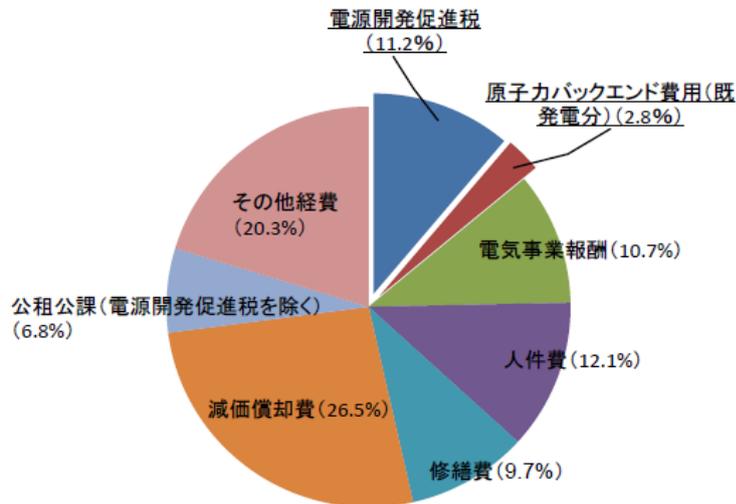
（出典：地域間連系線等の強化に関するマスタープラン中間報告書）

4. 電力流通（3）送電線利用

【質問】 Q 4. 託送料金の内訳は？ また推移は？

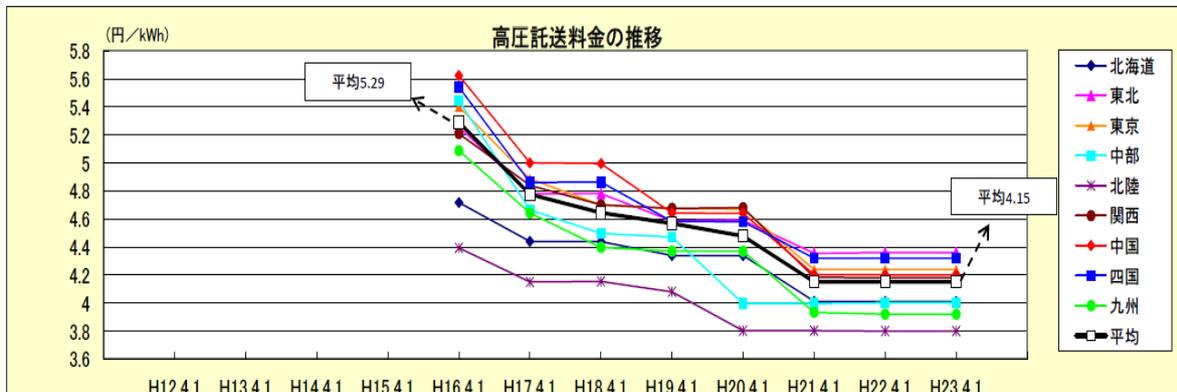
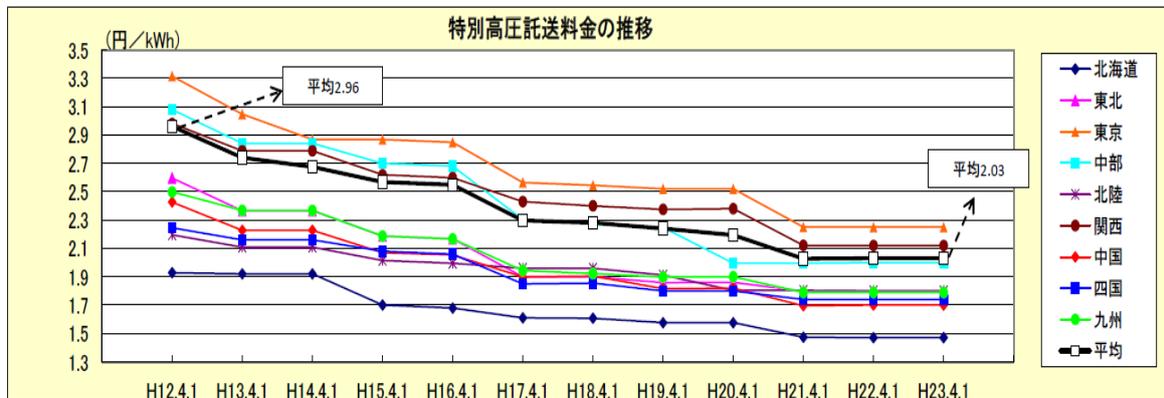
【回答】

・ 託送料金に含まれる割合は以下の通りとなります。



(出典：第4回電力システム改革専門委員会資料（参考資料1-2）)

・ 託送料金の推移は以下の通りとなります。



(出典：第4回電力システム改革専門委員会資料（参考資料1-2）)

なお、出典の引用元は「託送供給約款変更届出書（平成20年9月東京電力）」等より

4. 電力流通（3）送電線利用

【質問】 Q 5. 電力会社はスマートグリッドに対して、どのような取組みを実施しているのか。

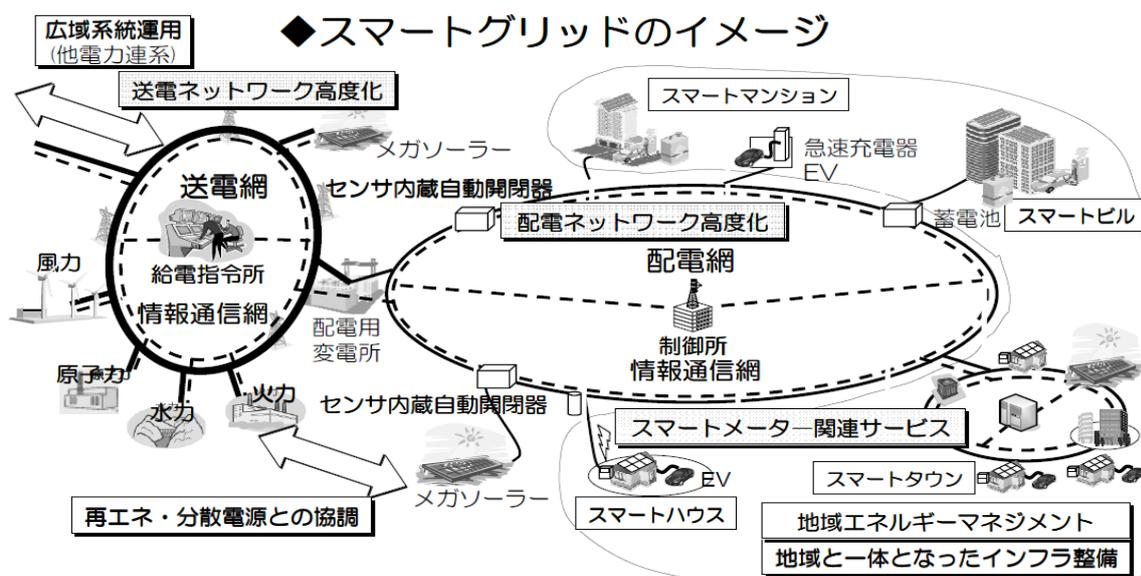
【回答】

- ・スマートグリッドは、ITやエレクトロニクスの先端技術を活用して、さまざまなエネルギー源を管理、供給し、高効率、高品質、高信頼度な電力の供給を目指す次世代送配電網のことを指します。
- ・スマートグリッド技術とは「上記の実現を可能とするための新たな電力技術」を指します。
- ・日本においては、太陽光発電などの再生可能エネルギーの大量導入に伴い懸念される [電力系統の諸課題](#)（周波数変動や配電線の電圧上昇等）に対応する目的で、スマートグリッド技術の活用が検討され、期待されています。
- ・具体的には、再生可能エネルギー大量導入時の電力系統全体への影響評価や [蓄電池](#) を活用した系統安定化対策の検証など、国の協力を得ながら研究開発が推進されています。
- ・また、スマートグリッドを構成するための重要な要素である双方向通信機能を有する「[スマートメーター](#)」の導入が検討実施されています。

【解説】

研究開発（需給制御システムの開発・導入）

- ・現在は太陽光や風力の出力変動を火力と水力で調整していますが、将来大量に導入された場合、調整力が不足するおそれがあります。
- ・太陽光・風力が大量に導入された場合の新たな電力の需給制御システムの開発・導入を進めています。



(出典：電気協同研究会 平成25年度研究討論会 資料)