

電力システム改革と 新たな送配電ネットワーク

災害に強く地域主導の電力供給システムの構築

横山 隆一

環境・エネルギー研究科
理工学術院
早稲田大学

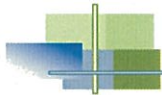
1

内 容

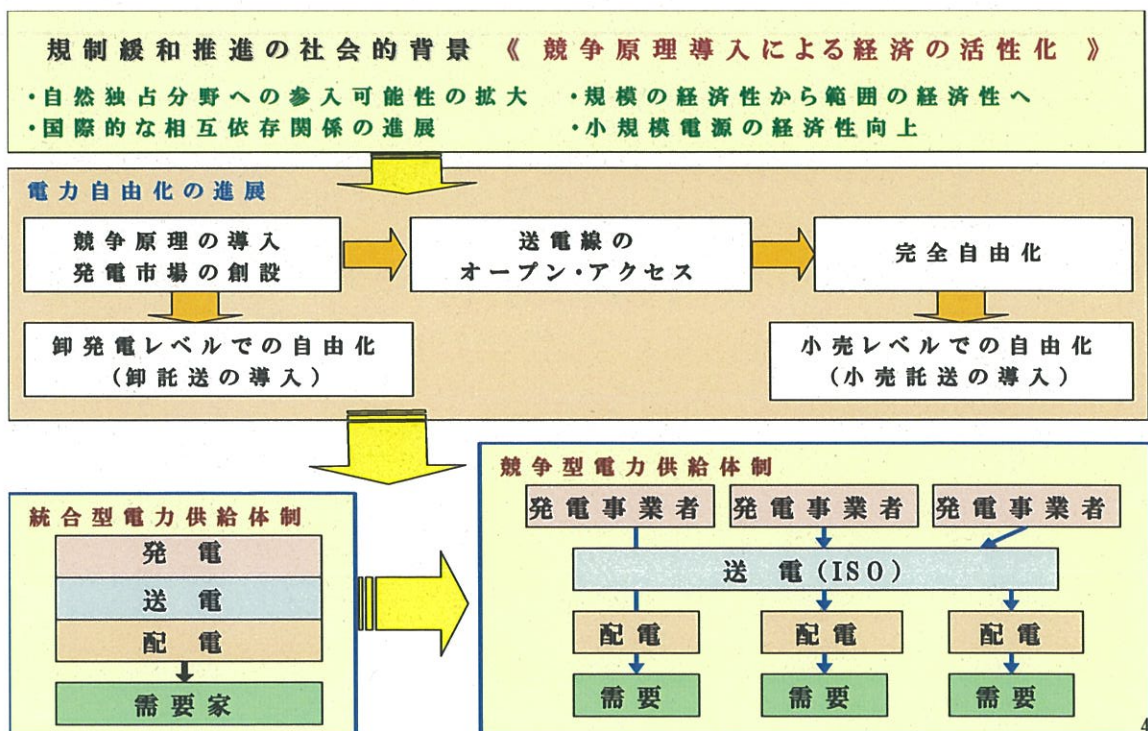
- 電力システム改革の背景と基本方針
- 電力安定供給のための電気事業者の新たな取り組み
- 電力安定供給のためのエネルギーミックスのパラダイムシフト
- 再生可能エネルギー導入のための次世代電力ネットワーク
- 次世代エネルギーネットワークとスマートコミュニティ開発
- 災害に強く地域主導型のエネルギー供給ネットワーク
- 日本型スマート技術と今後の展開

2

電力システム改革の背景と基本方針



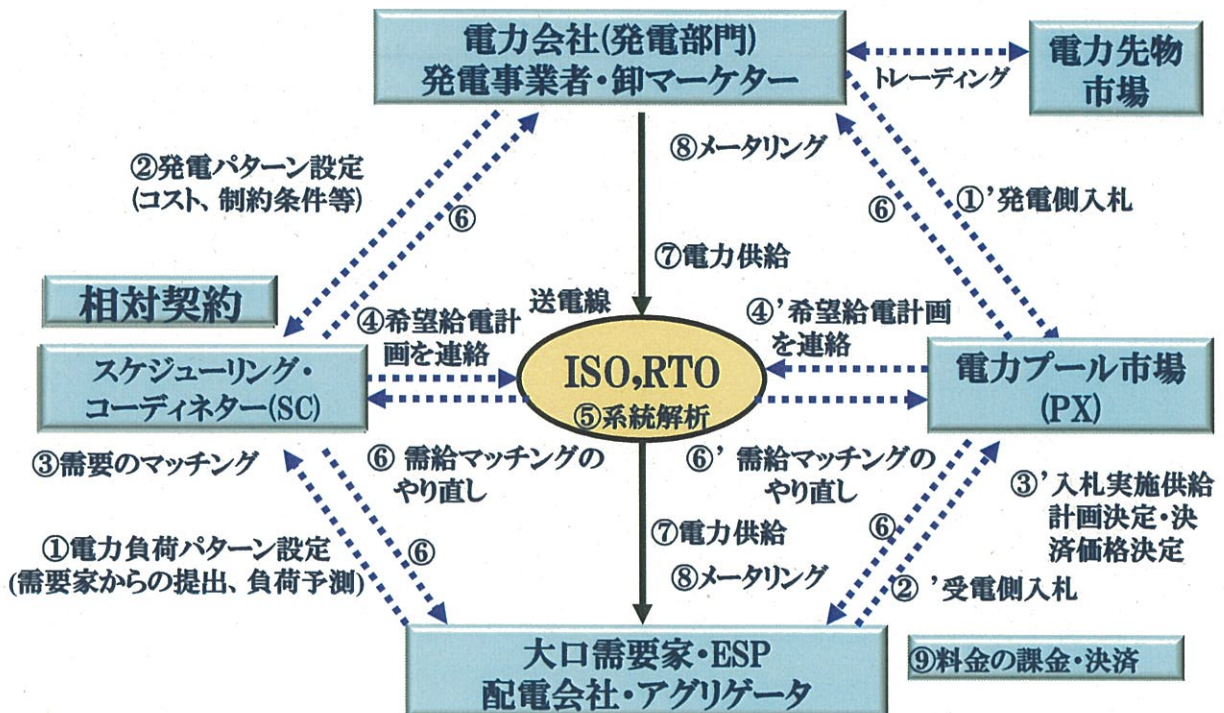
電力自由化に伴う供給体制の変貌



市場構造の特徴と競争性

競争性	生産者の数	新規企業の参入	製品差別化の程度	価格支配力	例
完全競争	多数	容易	まったくなし	なし	・農業 ・水産業
不完全競争					
独占的競争	多数	容易	ある程度あり	ある程度あり	・レストラン ・ホテル ・出版業
寡占	少数	困難	ほとんどなし	ある程度あり	・鉄鋼,石油 ・ビール ・銀行 ・(自動車、週刊誌)
独占	1個	不可能	全くなし	絶大政府規制	・公益事業 ・(ファスナー)

世界の主流ハイブリッド型電力市場の形態

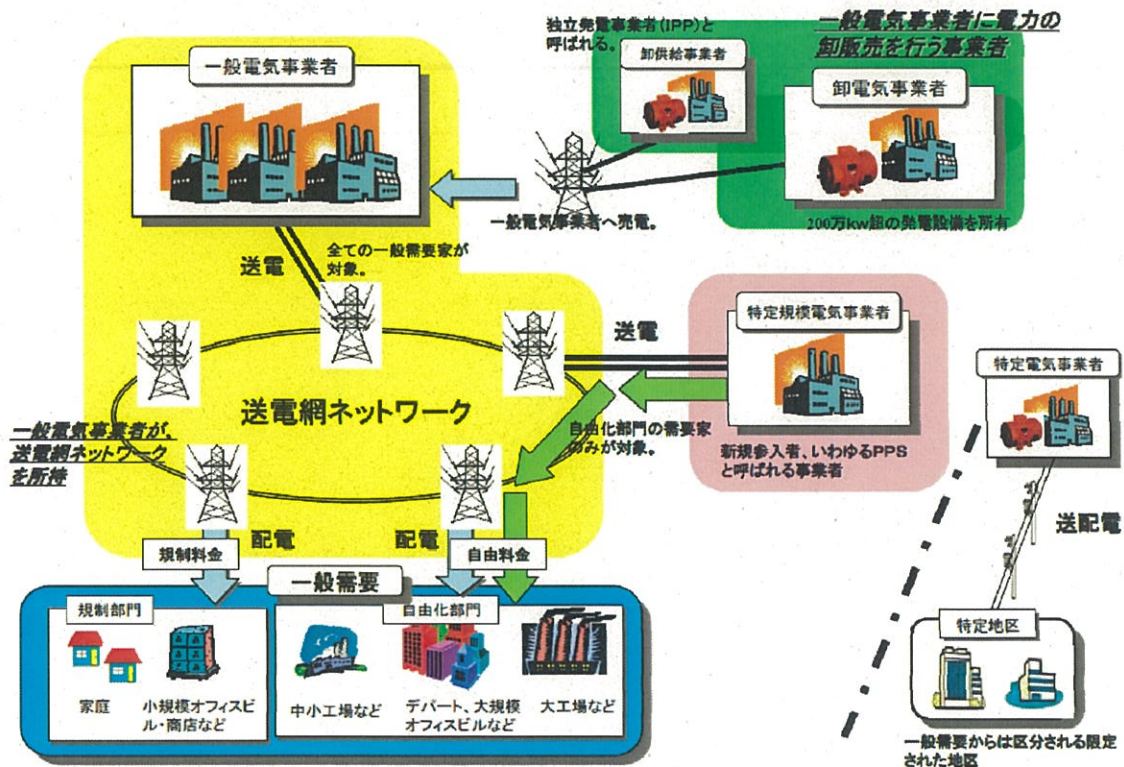


日本の電気事業の分類と事業内容

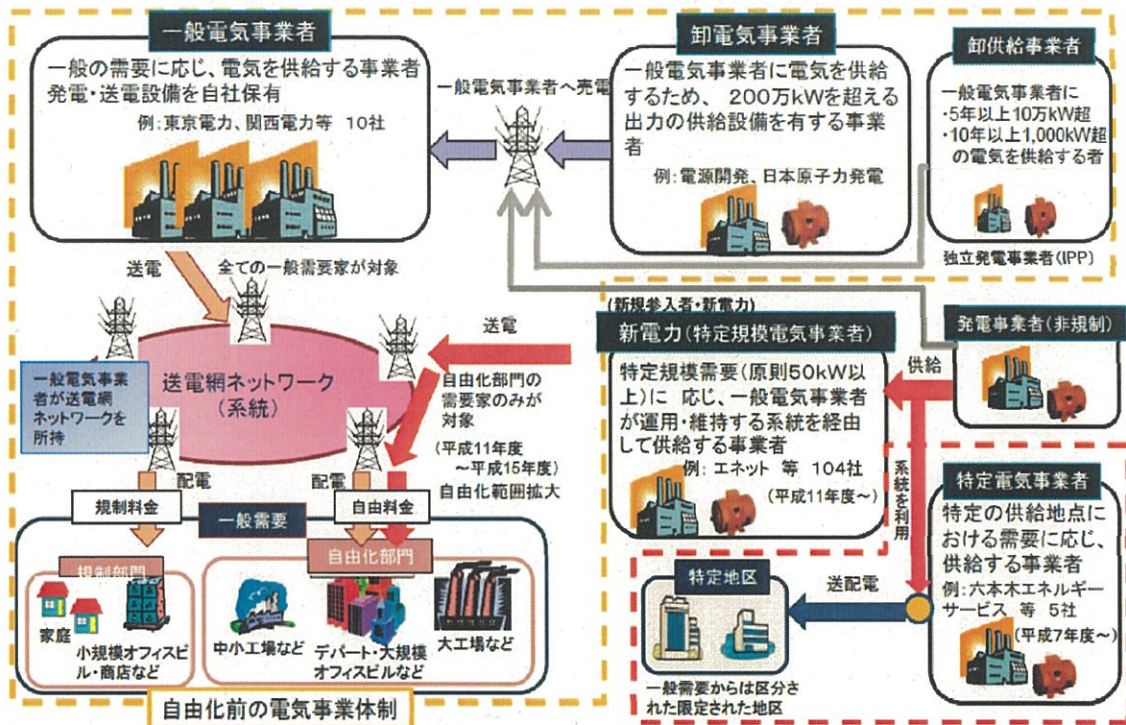
事業者区分 (略称)	事業内容	販売対象	事業者
一般電気事業者	不特定多数の利用者に電力を供給	制限なし	東京電力をはじめとする地域別の10電力会社
卸電気事業者	一般電気事業者に電力を供給 (200万kWを超える発電設備を保有)	一般電気事業者	電源開発、日本原子力発電
卸供給事業者 (IPP)	一般電気事業者に電力を供給 (200万kW以下の発電設備を保有)	一般電気事業者	コスモ石油など
特定規模電気事業者 (PPS)	一般電気事業者の送配電ネットワークを使って電力を供給	一般電気事業者から50kW以上の電力を受けている利用者	ダイヤモンドパワーなど58社(2012年5月16日現在)
特定電気事業者	特定の地域で自社の発電設備と送配電ネットワークを使って電力を供給	地域内の利用者	諏訪エネルギーサービス、JR東日本、六本木エネルギーサービス、住友共同電力、JFEスチール
特定供給	関係者に対して自社の発電設備と送配電ネットワークを使って電力を供給	子会社など	東京ガスなど

出典:資源エネルギー庁、<http://www.enecho.meti.go.jp/denkihp/index.htm>

電気事業者の役割と相互関係



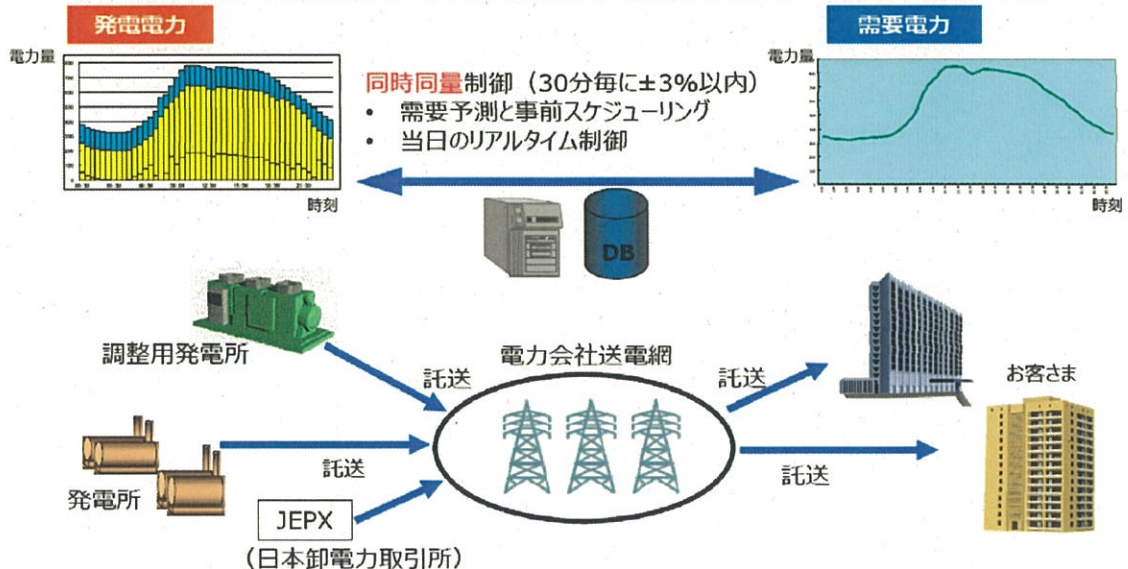
電気事業者の役割と現状



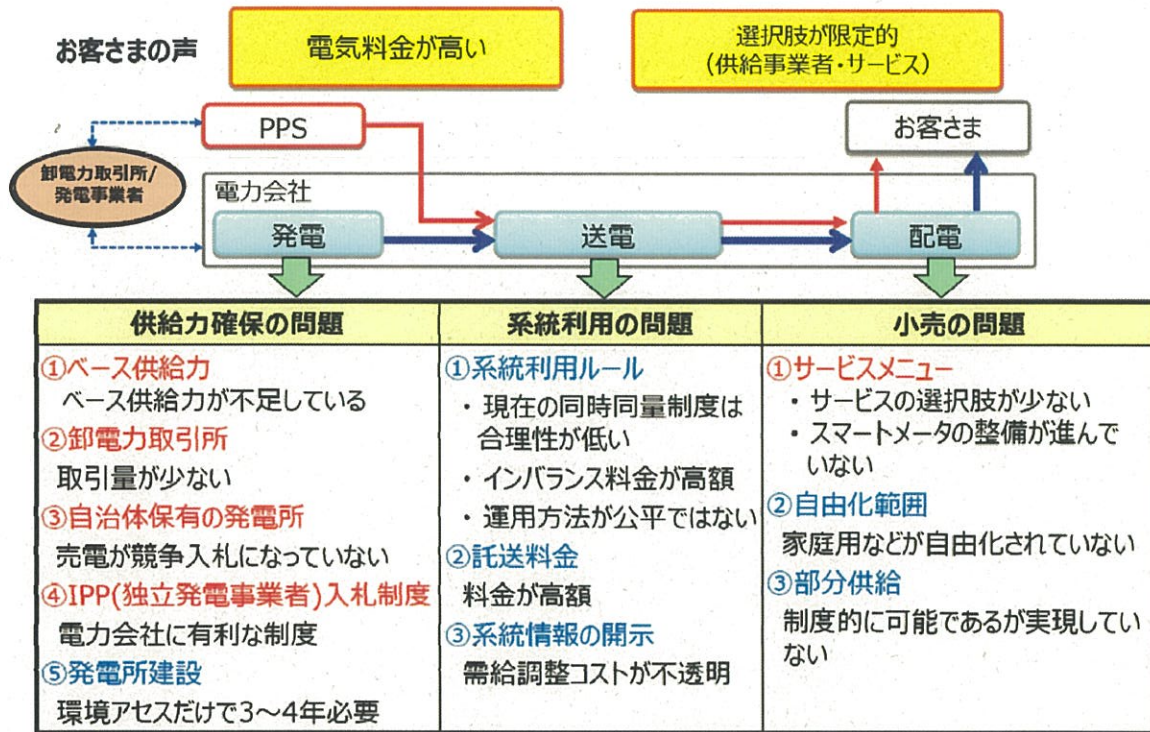
出典：資源エネルギー庁、<http://www.enecho.meti.go.jp/denkihp/index.htm>

特定規模電気事業者の役割と機能

- 電力会社の送電網を使用し、自由化対象のお客さま(特別高圧・高圧)に電気を供給する事業者
- 供給される電気の品質は電力会社もPPSも同質



特定規模電気事業者からの改善要望



電力システム改革の目的と実施方針

I. 電力システム改革の3つの目的

1. 安定供給を確保する。
2. 電気料金を最大限抑制する。
3. 需要家の選択肢や事業者の事業機会を拡大する。

II. 電力システム改革の3本柱

1. 広域系統運用の拡大。
2. 小売及び発電の全面自由化。
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。

III. 電力システム改革の3段階の実施スケジュール

電力システム改革を以下の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。

	実施時期	法案提出時期
【第1段階】 広域系統運用機関(仮称)の設立	平成27年(2015年)を目途に設立	本年通常国会に法案提出(第2段階、第3段階の改正についてのプログラム規定を置く)
【第2段階】 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】 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目指すものとする

電力システム改革の実施内容①

1. 地域を越えた電気のやりとりを拡大

- ▶ 地域を越えた電気のやりとりを容易にし、災害時等に停電を回避
- ▶ 全国大での需給調整機能の強化等により、出力変動のある再生可能エネルギーの導入拡大に対応
- ▶ その司令塔として「広域的運営推進機関」を創設



出典: 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 第5回会合 資料1

電力システム改革の実施内容②

2. 電気の小売を全面的に自由化

- ▶ 一般家庭や全ての企業向けの電気の小売販売ビジネスへの新規参入を解禁
- ▶ これにより、電気の利用者なら誰でも、電力会社や料金メニューを自由に選択可
- ▶ 自由化しても安定供給や電気料金の抑制に取り組み、料金規制は段階的に撤廃
- ▶ その上で、セーフティネットとして、必ず誰かから電気の供給を受けられるようにするとともに、離島にも適切な料金で供給されるよう手当



A電力会社の電気料金
(標準料金)



B電力会社の電気料金
(標準料金)



B電力会社の電気料金
(時間帯別料金)



グリーン電気料金
再エネ100%
(CO2フリー)



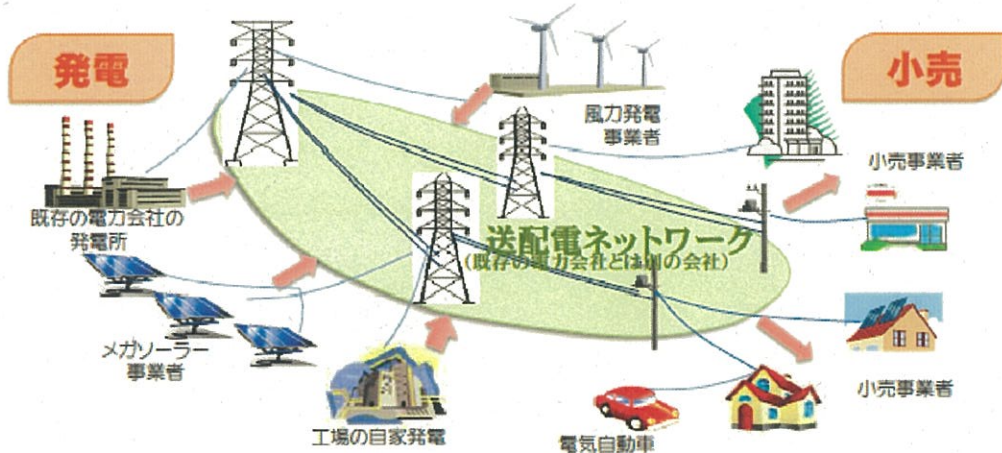
電気自動車と電気の
セット販売

出典: 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 第5回会合 資料1

電力システム改革の実施内容③

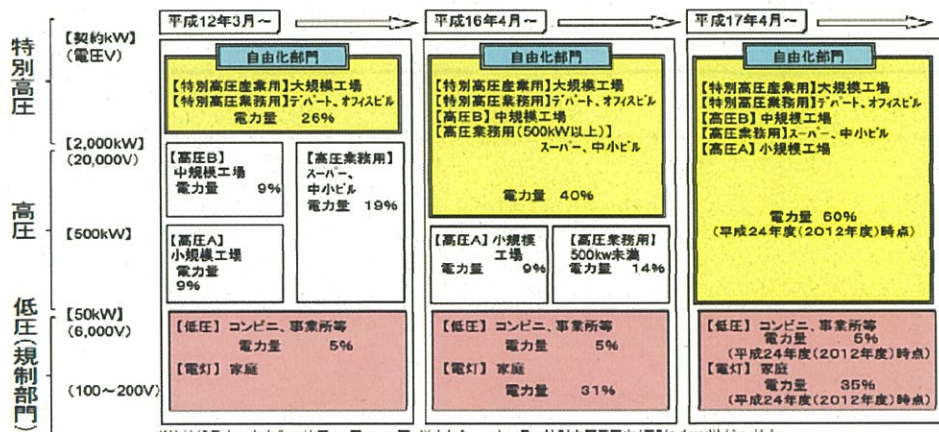
3. 送配電ネットワークを利用しやすく

▶ 発電した電気の売買には、送配電ネットワークを使うことが不可欠であり、電力会社の送配電部門を別の会社に分離し、このネットワークは誰もが公平に利用可能



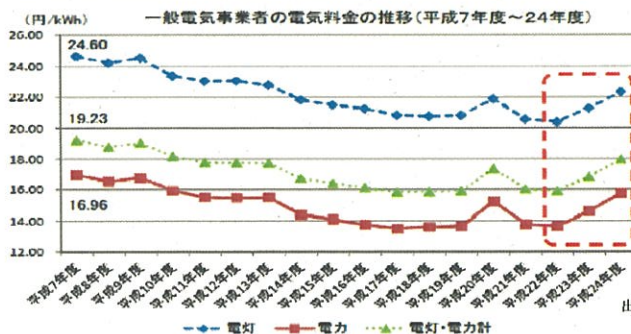
出典：総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 第5回会合 資料1

小売全面自由化に向けて



現在でも自由に参入可能だが、新規参入者のシェアは、自由化部門の需要の3.5%、全需要の2.2%にとどまる。また、一般電気事業者が区域(エリア)を超えて供給することが可能。料金規制は無く、自由な料金設定が可能。現在は一般電気事業者が独占的に供給しているが、電力システム改革において自由化を行う。現行の料金規制も撤廃(ただし経過措置を講じる)。

(注) 沖縄電力の自由化の範囲は2万kW、6万V以上から、16年4月に特別高圧需要(厚層2万kW以上)に拡大。



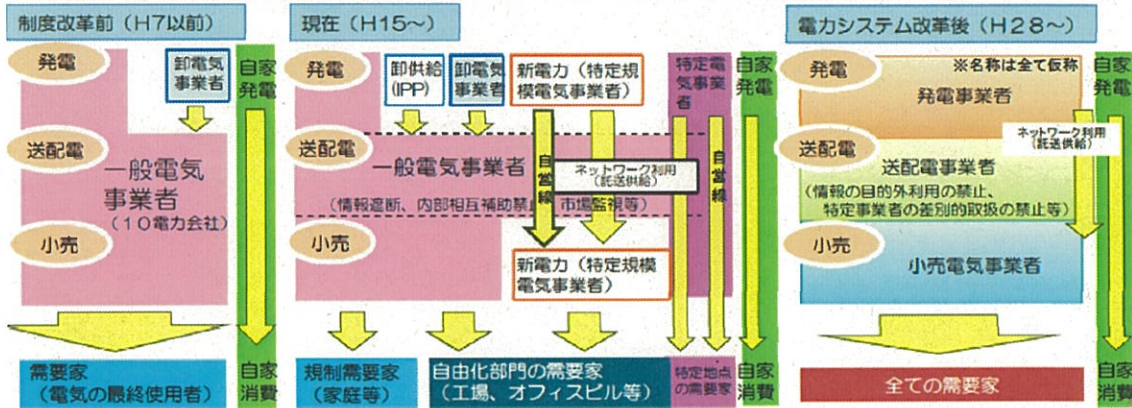
22、23、24年度の電気料金の比較(単位:円/kWh)

	22年度	23年度	24年度
電灯	20.37	21.26	22.33
電力	13.65	14.69	16.73
電灯・電力計	15.90	16.83	17.95

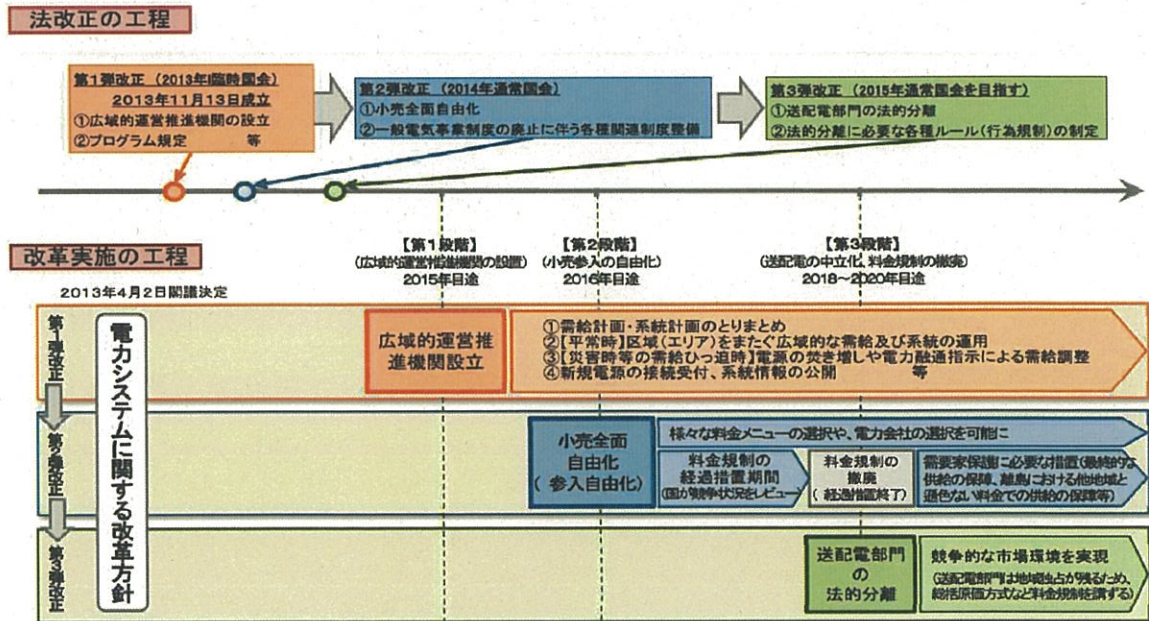
出典：資源エネルギー庁、<http://www.enecho.meti.go.jp/denkihp/index.htm>

電気事業の変遷と小売全面自由化

- 東京電燈の開業(明治19年)以降、各地に電力会社が誕生。工業化の進展や第1次世界大戦中の好景気等により電力需要増大。世界恐慌等を背景に過当競争(昭和7年:約850社(ピーク))が進み、事業者の合併・吸収が進展、5大電力に集約(東京電燈、東邦電力、大同電力、宇治川電力、日本電力)。
- 昭和13年国家総動員法と同時に電力管理法が施行。国内全ての電力施設を国が接収し、日本発送電(株)により発電と送電設備の一元統制化。配電事業を9ブロック別に統合。
- 戦後、過度経済力集中排除法(集排法)の適用を受け日本発送電(株)を解体し、9配電会社それぞれ発電設備を移管することで、発送電一貫体制を確立するとともに、9配電会社を地域独占の電気事業者として再編。昭和63年には沖縄電力が民営化し、10社体制に。
- 平成7年以降、4次にわたる電気事業制度改革において小売部分自由化等の施策を実施。
- 今後、電力システム改革において、小売全面自由化に伴う一般電気事業者制度の見直しとあわせ、現行の電気事業法の事業類型も抜本的に見直す予定(平成28年~目途)。



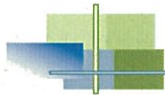
電力システム改革の工程表



(注1) 送配電部門の法的分離の実施に当たっては、電力の安定供給に必要な資金調達に支障を来さないようにする。
 (注2) 第3段階において料金規制の撤廃は、送配電部門の法的分離の実施と同時に、又は、実施の後に行う。
 (注3) 料金規制の撤廃については、小売全面自由化の制度改革を決定する段階での電力市場、事業環境、競争の状態等も踏まえ、実施時期の見直しもあられる。

出典: 経済産業省

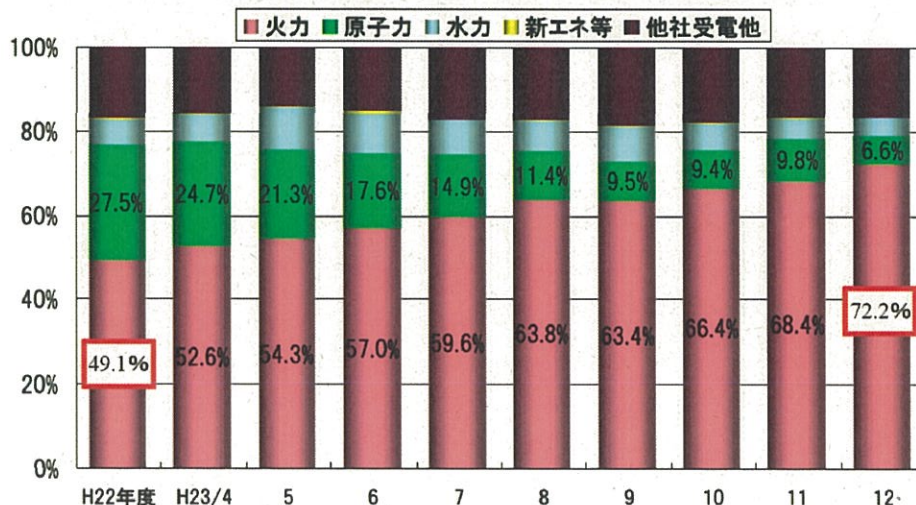
電力安定供給のための 電気事業者の新たな取り組み (電気事業連合会)



震災以降の電源構成と需給状況

- ◆ 原子力発電量の減少を火力発電で代替することにより、発電電力量に占める火力発電の割合は2010年度の約49%から、2011年12月には約72%まで上昇
- ◆ 原子力発電の停止により、非常に厳しい需給状況

【発電電力量に占める原子力・火力の割合】



震災以後のエネルギーミックスへの課題

◆ 震災を契機に、わが国のエネルギー・ミックスについて以下の課題が提起された

需要サイド	供給サイド
<p>✓ 需要家の行動様式や社会インフラの 変革をも視野に入れ、省エネルギー・節電対策を抜本的に強化すること</p>	<p>✓ 再生可能エネルギーの開発・利用を最大限加速化させること</p> <p>✓ 天然ガスシフトを始め、環境負荷に最大限配慮しながら、化石燃料を有効活用すること(化石燃料のクリーン利用)</p> <p>✓ 原子力発電への依存度をできる限り低減させること</p>

(出典)総合資源エネルギー調査会 基本問題委員会
「新しい『エネルギー基本計画』策定に向けた論点整理」(2011/12/20) 21

需要サイドでの新たな取り組み

◆ 震災により、かつてない規模での供給制約が発生したことで、需要サイドにおけるピークシフトなどの取り組みの重要性を再認識
⇒スマートメーターを整備、ピークシフトなどを促す料金メニューを検討

昨夏・今冬の取り組み

- 需給状況に応じて、需給調整メニューの拡充を実施
 - ＜関西電力におけるメニューの例＞
 - ・新たな休日の設定や操業の調整、ピークシフトを期待した料金メニュー
 - ・需給逼迫時に当社の要請に応じた負荷抑制を期待した料金メニュー

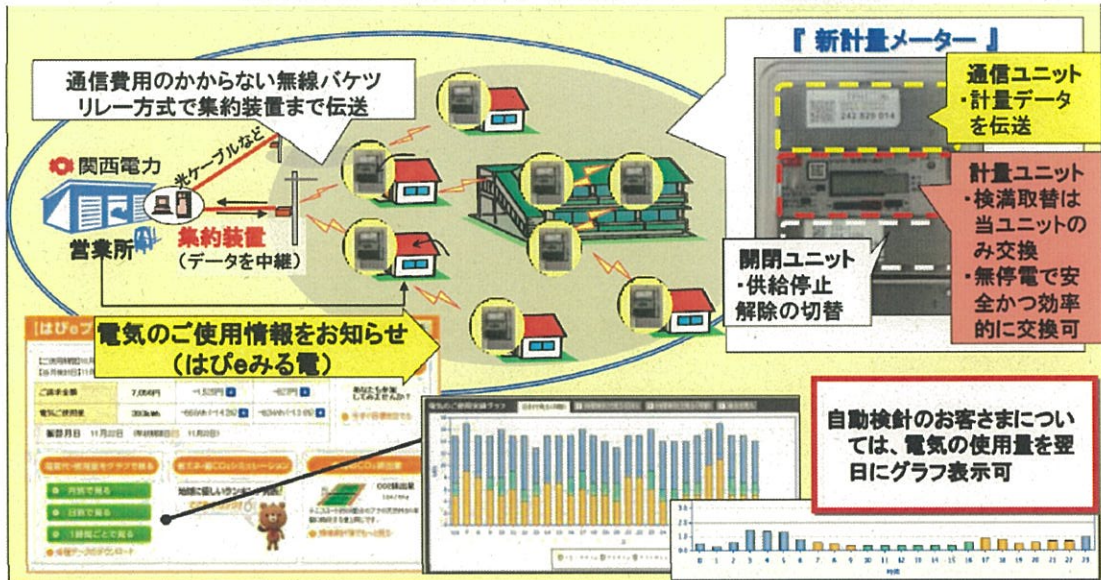
今後の取り組み

- スマートメーターの整備
 - ＜関西電力におけるスマートメーターの整備＞
 - ・5年後には総需要の約8割にスマートメーターを導入予定
 - 高圧需要においては、5年後には全数スマートメーター化
 - 低圧需要においては、5年後には半数、約10年後には全戸導入
- 需給状況に対応した料金やサービスの導入の検討

スマートメーターの積極的な導入

- ◆ スマートメーターについては、エネルギー・環境会議で掲げられた目標に向けて各社がしっかりと取り組んでいく

【関西電力の取組み:『新計量システムの概要』】



出所：電気事業連合会基本問題委員会資料平成22年2月

太陽光発電導入拡大への取り組み

- ◆ エネルギーの国内自給、CO₂排出量の削減という観点から、再生可能エネルギーのさらなる普及拡大に向けて積極的に取り組む
- ◆ 自社開発のメガソーラー発電所は、2020年度までに電力10社合計で全国約30地点、約14万kWの導入を予定

【運開済のメガソーラー発電】

電力会社	運開量 (千kW)	運転開始	備考
北海道	1	2011.6	伊達ソーラー発電所
東北	1.5	2011.12	八戸太陽光発電所
東京	7	2011.8	浮島太陽光発電所
	13	2011.12	扇島太陽光発電所
	10	2012.1	米倉山太陽光発電所
中部	7.5	2011.10	メガソーラー-たけとよ
	1	2011.1	メガソーラー-いいだ
北陸	1	2011.3	志賀太陽光発電所
	1	2011.4	富山太陽光発電所
関西	10	2011.9	堺太陽光発電所
中国	3	2011.12	福山太陽光発電所
四国	2	2010.12	松山太陽光発電所
九州	3	2010.11	メガソーラー-大牟田発電所
沖縄	4	2010.10	宮古島メガソーラー-実証研究設備
計	65		

<堺太陽光発電所> 【関西電力】
2011年9月全区画運転開始



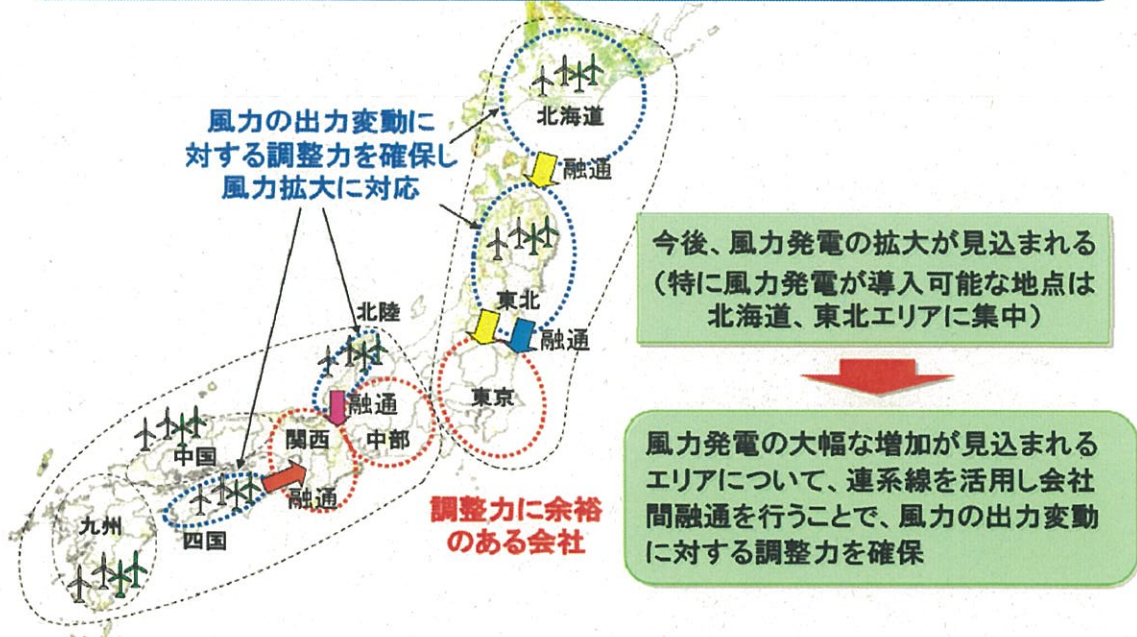
<浮島太陽光発電所> 【東京電力】
2011年8月運転開始



出所：電気事業連合会基本問題委員会資料平成22年2月

今後の再生可能エネルギー発電導入

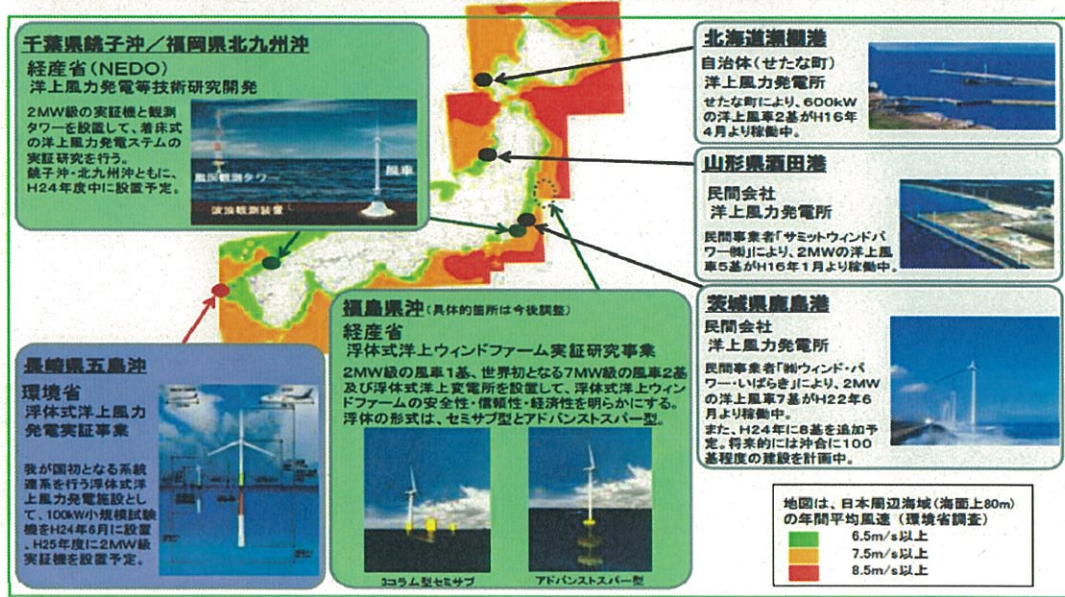
◆ 風力発電の導入拡大に向け、電力会社が一体となった取組みを推進



(出典) 経済産業省「2010年度 風力エネルギー導入可能性に関する調査報告書」を基に作成

洋上風力発電の実証研究と事業化

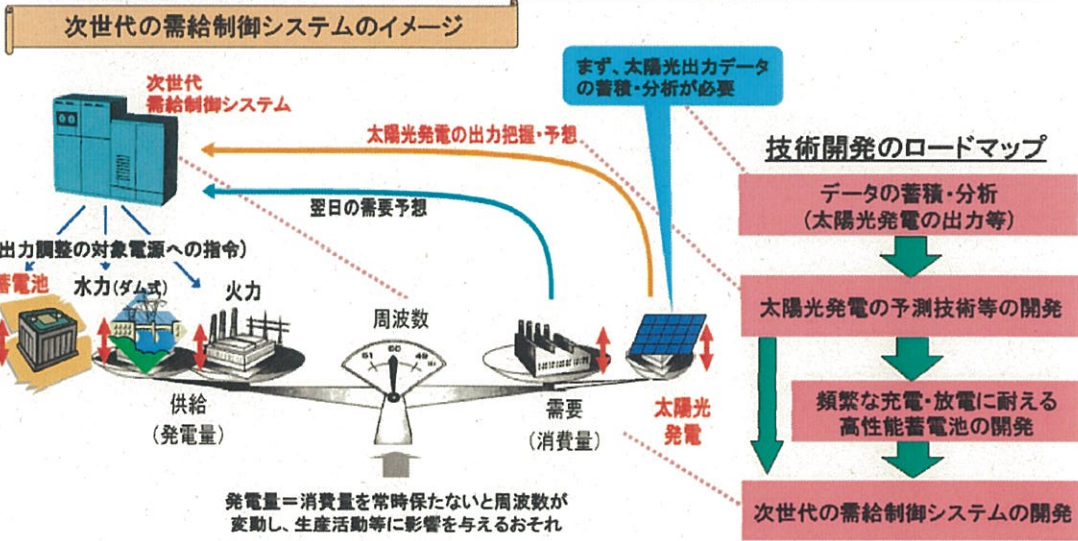
- 我が国の洋上風力発電は、実証研究段階。まさに、今年度、試験機が本格的に運転を開始する予定（経産省：銚子沖、北九州沖、環境省：五島沖）。
- 陸上に沿岸する形で行っている洋上風力発電は、すでに全国3か所で事業化。その一部は、平成27年度以降に、本格的な洋上への展開を進める予定。



出所：電気事業連合会基本問題委員会資料平成22年2月

次世代需給制御システムへの取り組み

- ◆ 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るが、将来大量に導入された場合、調整力が不足するおそれ
- ◆ 太陽光・風力が大量に導入された場合の新たな需給制御システムの開発・導入を進めていく



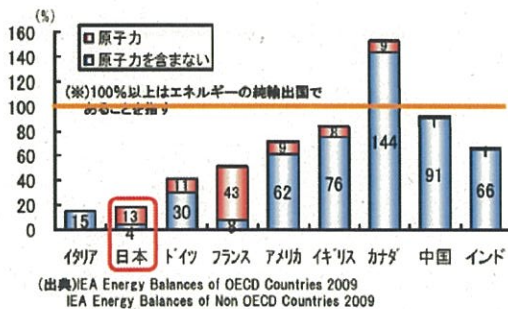
出所：電気事業連合会基本問題委員会資料平成22年2月

27

電気事業における原子力発電の重要性

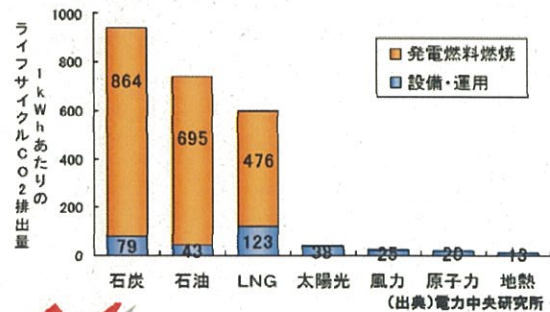
【エネルギーセキュリティ】

○低いエネルギー自給率



【地球温暖化問題への対応】

○発電過程でCO₂を排出しない



【経済性】

円/kWh	2010年	2030年
原子力	8.9~	8.9~
石炭	9.5~9.7	10.3~10.6
LNG	10.7~11.1	10.9~11.4
石油	36.0~37.6	38.9~41.9
陸上風力	9.9~17.3	8.8~17.3
太陽光(メガ)	30.1~45.8	12.1~26.4

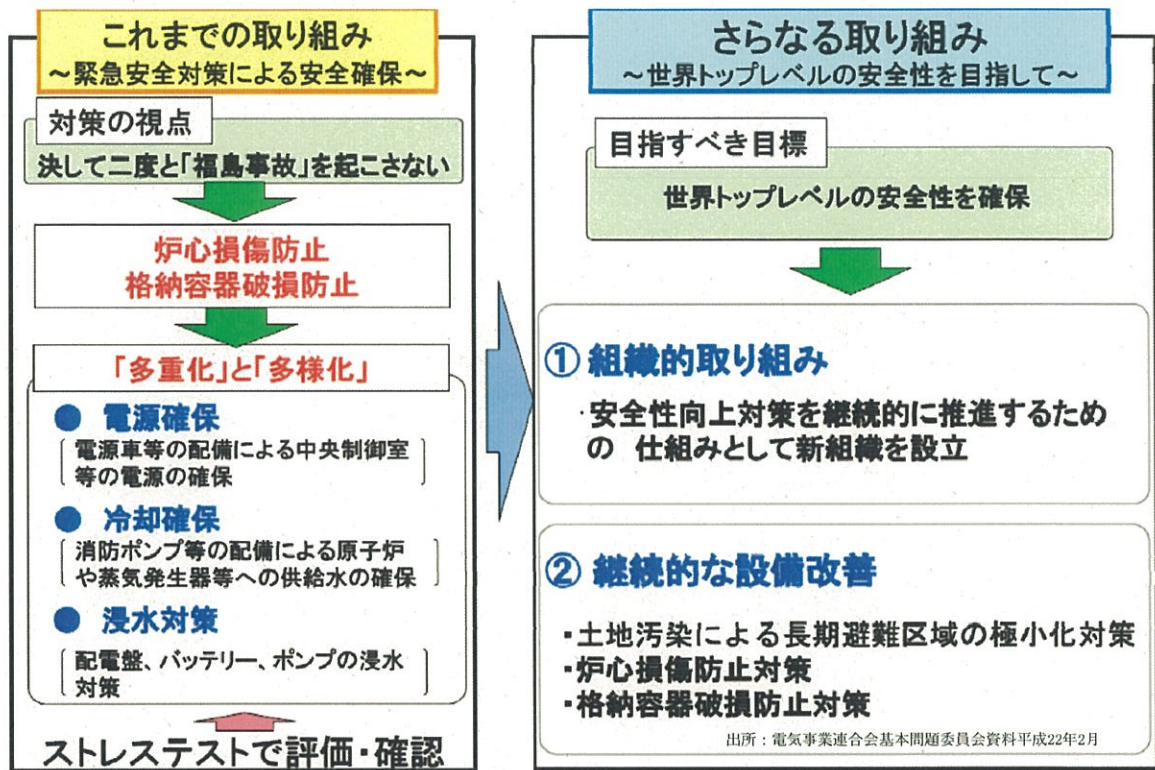
(出典)コスト等検証委員会報告書(2011/12/19)

安全の確保を大前提に、エネルギーセキュリティ・地球温暖化問題への対応・経済性のいずれの観点からも、引き続き原子力は重要な電源

出所：電気事業連合会基本問題委員会資料平成22年2月

28

原子力発電安全性向上のための取り組み



29

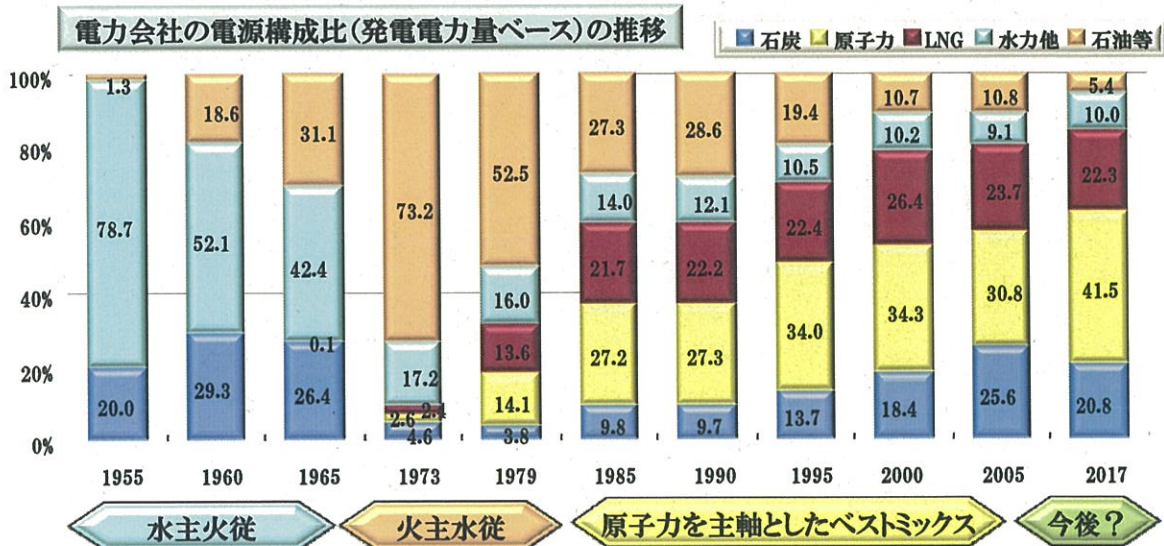
災害後の電気事業者の基本方針

- エネルギー・ミックスの検討にあたっては、S+3Eの観点から、「総合的、定量的かつ時間軸を踏まえた検討」をお願いしたい。
- 各エネルギー源にはそれぞれ一長一短があるので、バランスのとれたエネルギーミックスを実現することが重要
- 電気事業者は、需要サイドへの働きかけ、再生可能エネルギーの導入拡大、火力の高効率化・最適な運用および原子力の安全確保にしっかりと取り組んでいく
- 国におかれては、エネルギー・セキュリティなどの観点から、原子力を将来のエネルギー・ミックスの一翼を担う電源として、これまでと同様、しっかりと位置づけるようお願いしたい
- 電気事業者は、S+3Eの達成を目指し、効率的な設備の形成・運用を着実に進めていくことで、低廉・良質な電気を安定的にお届けするという使命を果たしてまいりたい

電力安定供給のための エネルギー技術のパラダイムシフト

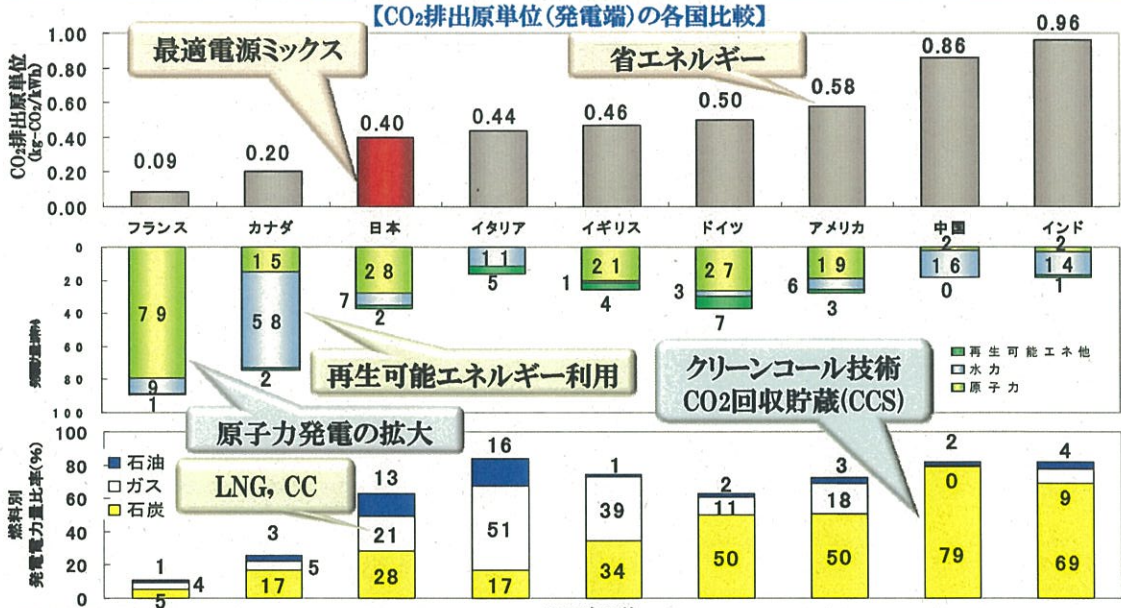
エネルギー政策と電源構成の変遷

○ 資源小国・エネルギー自給率が低く、二度のオイルショックを経験するなど脆弱なエネルギー供給構造の中、戦後伸び続ける電力需要に対応するため、それまでの水力発電に替わり、大容量火力、原子力へと電源開発の主軸を移しながら**ベストミックスによる安定供給と地球温暖化問題への対応を着実に推進**



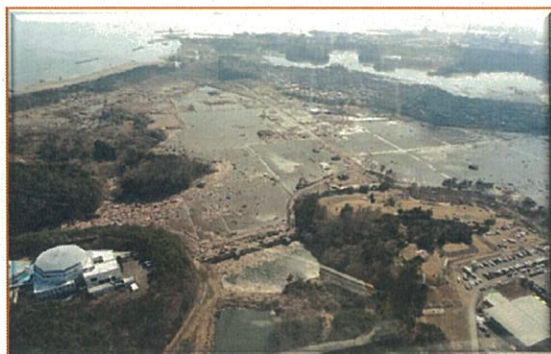
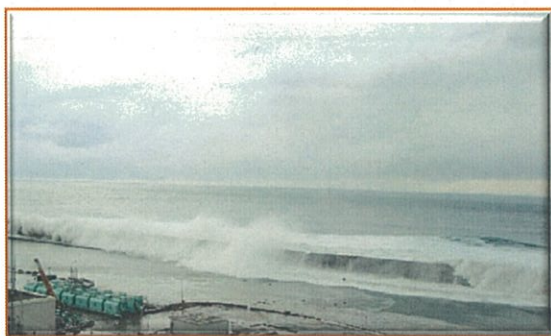
電力CO₂排出原単位(発電端)の国際比較

- ・日本のCO₂排出原単位は諸外国に比べて十分に低い
- ・フランス(原子力中心)、カナダ(水力中心)には及ばないものの、世界でもトップクラス
- ・ドイツは国民合意により脱原子力を選択した結果、石炭の比率が高い



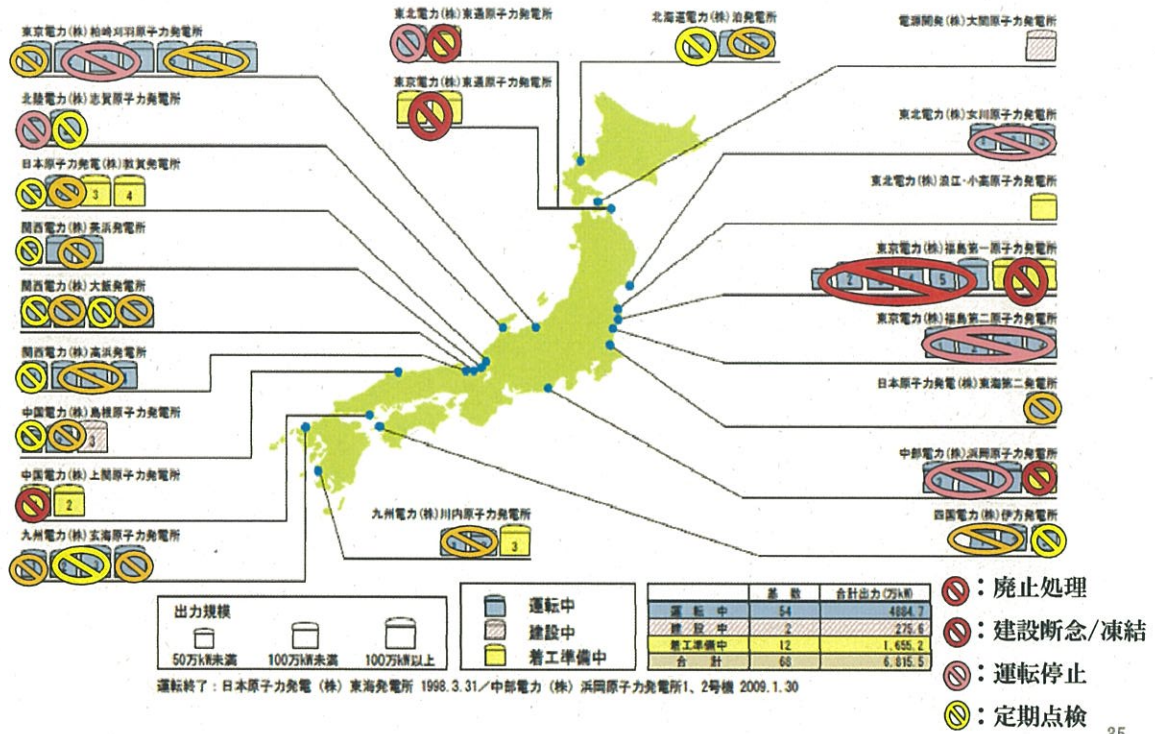
* CHPプラント(熱電併給)も含む * 2005年の値
 * 発電電力量構成比は四捨五入の関係で合計が100%にならない場合がある * 【出典】Energy Balances of OECD Countries 2004-2005を基に東京電力試算 33

東北地方太平洋沖地震による津浪被害



原子力発電設備の稼働状況

(商業用・2009年12月末現在)



新たなエネルギー社会インフラの構築

供給サイド

需要サイド

系統電力の一層の
高効率・低炭素化

原子力の活用(CO₂排出削減の切り札)、
再生可能エネルギー、電力貯蔵の利用拡大

次世代
エネルギーシステム ?

高効率機器の普及・
電化による省エネ

ヒートポンプ(エコキュート)、
電気自動車、熱電貯蔵

安定供給の確保

省エネルギー

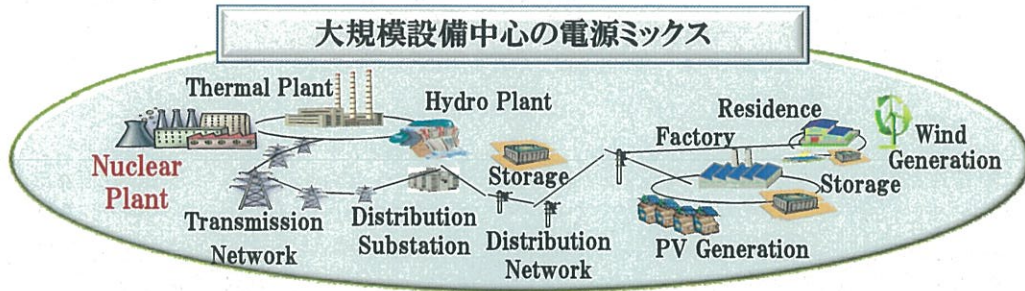
創エネルギー

蓄エネルギー

熱エネルギー

集中型と分散型のネットワークの相互補完

電力分野における新たな技術展開



節電・省エネルギー



自前の電源の確保

分散エネルギーと分散ネットとワークによるエネルギーベストミックス

クリーンエネルギー技術

- LNG Thermal Plant (1GW)
- Gas Combined Cycle (0.3GW)
- Gas Engine (10KW - 1MW)
- IGCC (Clean Coal Generation)
- Fuel Cell

再生可能エネルギーの有効利用

熱電貯蔵技術

- Lead Battery
- Ni-MH Battery
- EDLC
- Li-Ion Battery

37

家庭部門におけるCO₂排出量の推移(増加)



家庭・業務部門におけるCO₂排出量低減対策 (エネルギー利用の効率化)

建物本体の断熱・気密性向上

- 断熱材
- 二重サッシ
- 樹脂サッシ
- 日射遮断技術

設備の高効率・高機能化

- 電熱貯蔵
- 燃料電池
- ガスエンジン
- 直流電化設備
- 電気自動車

再生可能エネルギーの有効活用

- 太陽光発電
- 風力発電
- 太陽熱
- 地中熱

エネルギー管理システム
HEMS, BEMS, ZEB

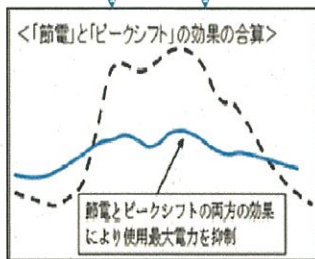
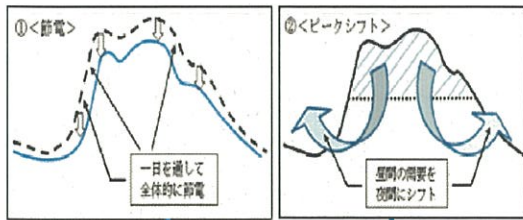
出典) 温室効果ガスインベントリオフィス「日本の1990~2007年度の温室効果ガス排出量データ」(2009.4.30発表)
* 各排出量の単位は[百万トン-二酸化炭素(CO₂)換算] 全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイトより

38

東日本大震災後の社会ニーズの動き

- 震災後、電力ネットワークにとって節電、ピークカットが急務
- 災害時のエネルギー供給の確保が課題となり、分散型エネルギーシステムとしてのスマートコミュニティの意義が増大

節電とピークシフト



安全を売りにした商品の発売



トヨタホーム(豊田市)

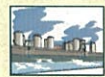


容量	価格
1kWh	87万円
2.5kWh	189万円

ヤマダ電機(エジソンパワー)

◆地域における災害に強いスマートコミュニティ構築の動き
(「スマートコミュニティ構想普及支援事業」)

大阪府夢州・咲州・舞州地区(日建設計等)
再生可能エネルギー、ごみ発電等から得られる
エネルギーと蓄電池の組み合わせた自立防災
システム・新交通システムの構築

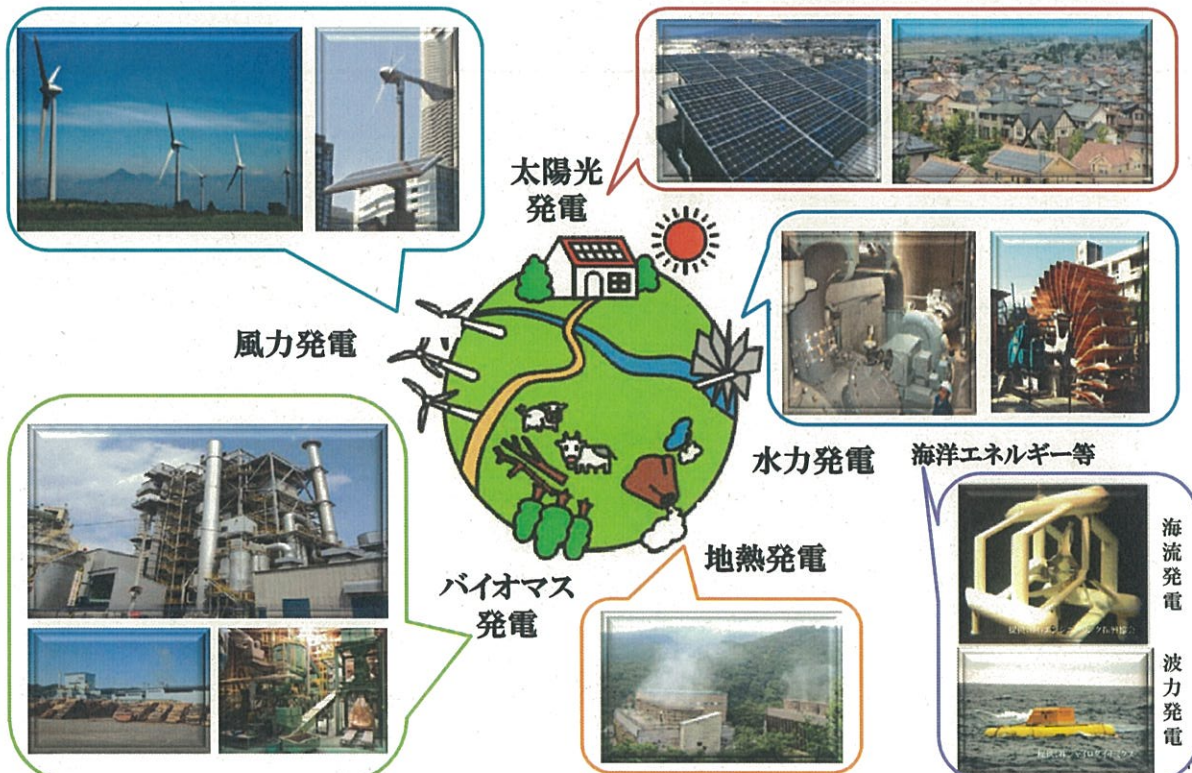


福岡県福岡市(新出光相光石油等)
急速充電器、燃料電池、蓄電池等を備えた
EV向けサービスステーションの可能性調査



39

再生可能エネルギーの種類と特徴



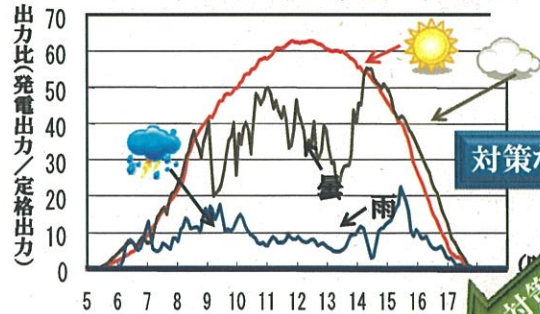
再生可能エネルギー利用の発電規模



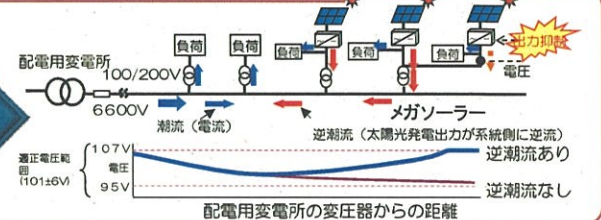
再生可能エネルギー大量導入時の系統対策

- 太陽光をはじめとする再生可能エネルギーの大量導入により、電力ネットワークに余剰電力の発生、電圧の上昇、周波数調整力の不足といった課題
- 他方、IT技術の進歩と蓄電池の普及により、電力需給両面の制御を行うことで、電力の高効率なシステム(スマートグリッド)の構築が可能

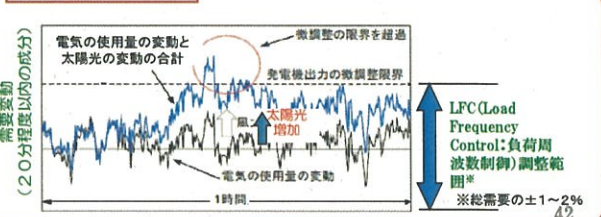
(%) ◆ 太陽光発電の出力変動の例(夏季)



1. 配電網の電圧上昇による逆潮流の困難化



2. 周波数調整力の不足



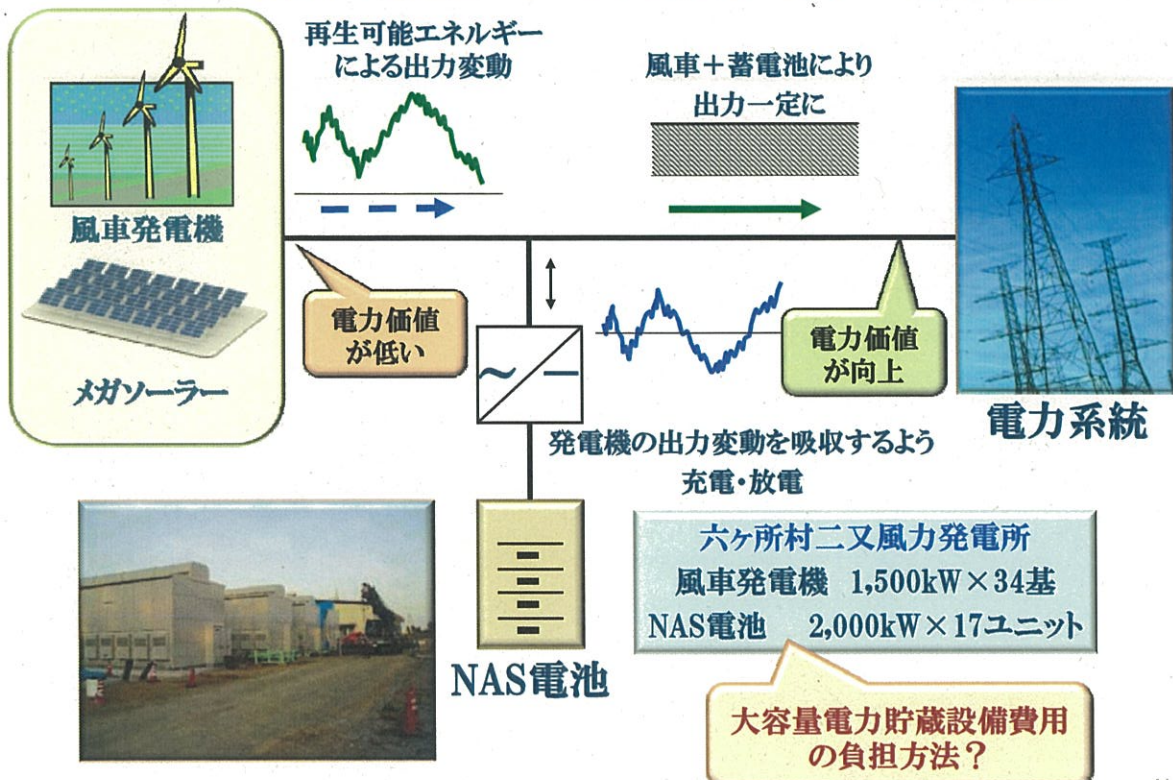
電力需給両面の調整

スマートメーター 見える化 蓄電池 電気自動車 EMS

再生可能エネルギー導入のための 次世代電力ネットワーク

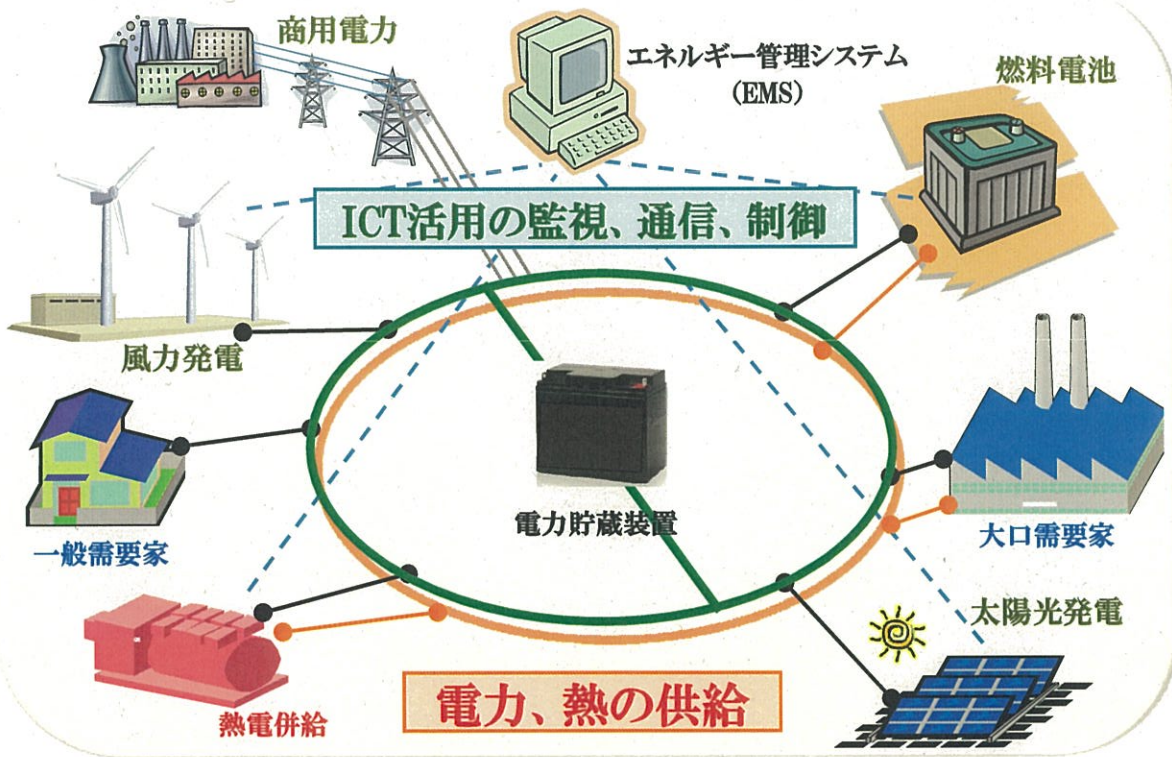
43

大容量蓄電池による発電出力の安定化



44

地産地消型マイクログリッドの構造と需給運用



スマートグリッドの目的と構造

従来の電力システムに、双方向情報通信インフラを完備し、電気関連情報のやり取りにより、需給両面からの調整を行うことで、電力システム全体の供給信頼性、環境性、効率性を高めようという「賢い:Smart」+「電力網:Grid」

