

シンポジウム

東日本大震災に伴う電力不足対策に関する緊急提言

—計画停電を最小限に食い止めるために—

2011年4月18日(月) 13:00—17:00

早稲田大学国際会議場井深ホール

18号館 総合学術情報センター内 1F

【プログラム】

- | | |
|-------------|---|
| 13:00—13:10 | 開催挨拶
中尾 真一氏 (工学院大学) |
| 13:10—13:25 | シンポジウムの企画趣旨・概要
松方 正彦氏 (早稲田大学) |
| 13:25—13:50 | 今夏および数年間の電力供給見込み
中垣 隆雄氏 (早稲田大学) |
| 13:50—14:40 | 今夏の電力不足に向けての対策提言
古山 通久氏 (九州大学) |
| 14:40—14:55 | 休憩 |
| 14:55—15:35 | 近未来のエネルギー需給構造のシナリオ分析に向けて
菊池 康紀氏 (東京大学) |
| 15:35—16:00 | エネルギー対策ロードマップの考え方
梶川 裕矢氏 (東京大学) |
| 16:00—17:00 | 総括質疑
司会 福島 康裕氏 (台湾 成功大学) |
| 17:00 | まとめ
加藤 之貴氏 (東京工業大学) |

目次

震災に伴う東日本エネルギー危機に関する緊急提言……………	1
公益社団法人 化学工学会	
シンポジウムの企画趣旨・概要……………	13
松方正彦 早稲田大学先進理工学研究科 応用化学専攻	
今夏の電力不足に向けての対策提言……………	28
古山通久 九州大学稲盛フロンティア研究センター 九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所	
近未来のエネルギー需給構造のシナリオ分析に向けて……………	48
菊池康紀 東京大学大学院工学系研究科 化学システム工学専攻	
エネルギー対策ロードマップの考え方 ～エネルギー需給の構造転換への道筋・方法論を考える～……………	65
梶川裕矢 東京大学大学院工学系研究科総合研究機構 イノベーション政策研究センター	

震災に伴う東日本エネルギー危機に関する緊急提言

公益社団法人 化学工学会

目次

1. はじめに
2. 電力供給力の増強
3. 電力需要の削減
4. 電力需要の時間的・空間的シフト
5. 提言
 - 補遺1 提言執筆者リスト
 - 補遺2 産業・家庭の電力使用者側の方策効果概算値のまとめ
 - 補遺3 系統電源の供給力増加のための方策
 - 補遺4 改訂履歴

1. はじめに

現在、未曾有の災害により東京電力管内の発電容量不足が顕在化している。各方面からのできる限りの協力を得て4月中に4000万kWを確保予定であり、引き続き努力により夏には4600～4700万kWの発電容量を確保の見込みと報道されている。しかし、夏のピーク時には例年6000万kWを超える需要が、今年の夏には相当の節電協力を含めても5500万kWもの需要が見込まれている。このように1000万kWに迫る夏のピーク時の電力不足を埋める目途が立たず、継続的な計画停電が避けられないと予想されている。このことは、東電管内2000万世帯に対して300万世帯以上の電力が不足することを意味する。この状況下において我々は、平成23年夏のピーク電力に対し、過度のガマンや経済の停滞を伴わずに乗り越える方策について検討を重ねた¹。また、化学工学会エネルギー部会員、書籍「実装骨太」著者にエネ

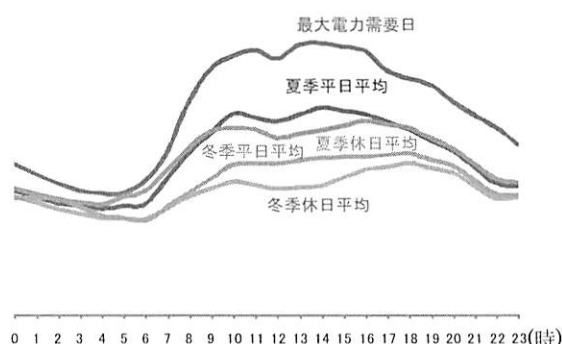
¹検討にあたり、化学工学会エネルギー部会、書籍「実装可能なエネルギー技術で築く未来―骨太のエネルギーロードマップ2―」（実装骨太）の著者、関連の研究者・技術者から多くの提案をいただいた。この危機を乗り越えるために少しでも自分に貢献できることはないかとの思いからの多くの無償の貢献に感謝する。今回は記述しきれなかったが、様々な提案をいただいた。それらの一部をここに列挙する。

- ・電力料金や契約電力量の見直し
- ・機器の200V化
- ・スーパー等の冷凍・冷蔵陳列棚にカバー設置
- ・サーバー等高効率機器の導入やクラウド化
- ・ドイツのフィフティ・フィフティ制度の拡大導入
- ・暑気払い特別休暇など午前のみ勤務の奨励
- ・省電力の上工程を東日本で、電力多消費の下工程を西日本でなど製造プロセス分業化
- ・石油石炭税の見直し
- ・窓への赤外線カットフィルム設置
- ・不要不急の機器の停止
- ・消灯・エコ冷房など省エネ行動
- ・契約・事務手続き等を簡素化する
- ・「暑さ」を楽しむ

ルギー対策に関するアンケート（平成 23 年 3 月 17 日～25 日）を行った。検討においてはエネルギー技術に関する専門的知見を必要とし、現在も研究者間で試算と議論を重ねているが、平成 23 年夏へ向けた対策を少しでも早く国全体で考えるために現段階の暫定的な検討結果にもとづいた提言を発信することとした。今後も様々な観点、角度からの建設的議論を継続する予定である。より精度の高い解析や、今夏だけでなく、2～3 年後、さらに先までを見据えた電力需給の議論の結果については、順次公開していくこととしたい。

今回の議論において、夏の主たる課題はピーク電力需要 (kW) の削減であり、平均的な電力使用量 (kWh) の削減では事態の大きな改善が必ずしも期待できないことに注意する必要がある。

方策は大きく 3 つに分かれる。**第 1 に、電力供給力の更なる増加、第 2 に、待機電力のように常時発生している電力需要の抑制**である。しかし、我々の試算では電力供給の増加ポテンシャルは 365-390 万 kW 程度、省エネによる総需要削減ポテンシャルは 257-330 万 kW 程度であり、東京電力の供給力と合わせても 6000 万 kW に届かない。そこで、重要となる**第 3 の方策が、電力需要の時間的シフト、空間的シフト**である。電力需要は、天候や季節、時間により異なり、典型的には右下図のような構造になっている。震災直後の 3 月現在はどちらかというとも冬季の需要構造に近く、暖房需要が中心であるため、午前中や夕方に需要のピークが生じる。それに対し、夏の電力需要のピークは冷房需要が大きい午後に生じるが、夏季といえども産業活動の少なくなる夜間や休日は平日昼間と比べ電力需要が小さいため、相対的には電力供給の余力がある。また、震災被害を受けなかった地域では、電力供給力に相対的な余力がある。従って、電力供給に余力のある時間や地域へ、電力需要をシフトさせることで、予測できない大規模な停電や厳しい電力使用量規制を避け、電力の需要に見合った電力を安定的に供給する可能性が拓ける。次節以降では、各方策の効果の推算根拠を示す。



2. 電力供給力の増強

電力供給は、東京電力が関係各所と連携を取り、鋭意検討を行っている発電所等からの電力供給と、太陽電池やエネファーム等、家庭や工場などで発電する小規模分散電源による供給、災害時等非常用の電源がある。前者については、既に多くの報道もされていることから、補遺 3 に状況をまとめ、コメントを加えた。太陽電池・エネファーム等分散電源は一般には電力需要削減の技術と位置付けられ、電気使用量・電気代の削減の観点で議論されるが、このエネルギー危機において、積極的に電力供給のオプションとして活用するという意図をもって本節に記す。以下の方策を全て実施し、今夏までに完了した場合、**電力供給力を 365-390 万 kW 増加**させることが可能と概算する。

2-1. 太陽光発電

太陽光発電は太陽光さえあれば発電可能であり、災害時のライフラインとしても重要な役割を果たし得るとともに、電力消費の多い昼間に発電するためピーク需要の削減の側面からも積極推進が望まれる。

平成 22 年度夏以降 20-25 万 kW の設置実績があり、これまでの実績から夏までに新たに 30-50 万 kW の需要削減できる設備設置が可能と見込まれ、被災地に向けた一部海外メーカーからの無償提供の動きも存在する。また、太陽光発電導入時には電力モニタも導入することになり、家庭内の電力消費量が見える化されるため、この節電効果も大きい。太陽電池の設置が間に合わなくとも、電力モニタのみを設置し家庭の電力消費を把握することで省エネ行動を支援することも、将来のスマートメーターの先駆ける位置付けとして有効である。大規模導入に際しては、原料シリコンの投機的価格変動も存在し、単なる設置助成金だけでない施策が望ましい。また、既設太陽光発電のメンテナンス（掃除等）による出力増強も有効である。

2-2. 蓄電技術

電力供給に余裕のある夜間の電力を用いたピーク電力カットのための蓄電技術としてはナトリウム・硫黄電池に期待したい。現在の生産供給能力から考えて、受注済みのものを優先的に融通してもらうなどの努力により平成 23 年夏までに 5 万 kW 程度は可能と考えられる。それ以上の大規模な導入について平成 24 年度以降に向けての検討課題である。プラグインハイブリッドなど電池を大量に搭載し、かつガソリン・軽油でも稼働できる自動車が普及すれば民生分野における非常用電力確保に向けての有効な蓄電手段となり得るが、平成 23 年夏の段階では現実的ではない。しかし、中・長期的にはそのような次世代自動車の普及は重要であり、促進のための施策を期待したい。

2-3. 風力・エネファーム・その他分散電源

太陽電池・蓄電池以外の分散電源として、各家庭やオフィスで発電するエネファーム等コジェネレーション技術が考えられる。コジェネレーション技術を積極活用することで電力需要を削減することは、大規模発電設備の停止による電力不足のリスク分散にも資する方策である。コジェネレーション技術は、電気とお湯を供給する技術であり、現在は経済性の観点から給湯需要に合わせて稼働させており、夏季の運用は難しく稼働率は低い。しかし、ピークカット技術と位置付けると、電力ピークが生まれる平日・晴天の午後に限定して、給湯需要ではなく電力需要に合わせて稼働させることは有効であり得る。このことにより既設の設備からも、電力需要ピーク時における更なる電力供給が期待できる。余剰のお湯がローカルに冷房需要を生み出さないか検討や工夫が必要であるが、有効な方策となるであろう。また、風力発電については、平成 24 年度からの全量買い取り制度に向けて本年度の建設控えの雰囲気があると言われており、平成 21・22 年度実績はそれぞれ 30.3 万 kW、26.4 万 kW であり、昨年度秋以降、本年度夏までの導入で東京電力管内において 10 万 kW 程度の貢献が可能と期待される。補助金の継続に加え、電気の全量買い取り制度の拡大・前倒しなどによる政策的誘導が望まれる。また、阪神淡路大震災の際にも設置された廃木材焼却発電などバイオマスの有効利用策も検討に値する。

2-4. 防災用自家発電装置

新たな発電設備を導入することは、時間もコストも必要となることから、未利用の発電設備の積極活用は重要である。未利用の発電設備として大きなポテンシャルがあるのは、非常用電源である。病院や大きなビル施設には非常用電源の設置が義務付けられており、災害時等に外部電源が遮断されても短時間で稼働できるよう備えられている。この設備を電力ピーク時の想定外の停電という非常事態を避けるために活用することが可能であれば、最大 300 万 kW 程度の電力供給が可能であると概算される。夏の計画停電が毎日続けば同様のことをしなくてはならないことを前提にすれば、現実的な解の一つと

なり得るが、この実現のためには、法制度の見直しや備蓄燃料の供給体制の整備が必要である。しかし、発電装置の生産・供給に縛られることなく制度・体制の見直しで済むことから、有効な施策として検討する価値がある。

3. 電力需要の削減

社会的・経済的活動を損なうことなく、利用している電力の需要を削減できる方策として、**省エネ機器の購入やライフスタイルの変化**による以下の方策がある。以下の方策を全て採用した場合、**機器による電力需要の削減によって170-220万kW程度、ライフスタイルの変化によって87-110万kW程度、合わせて257-330万kW程度のピーク電力需要を削減可能**と期待できる。

3-1. 機器による電力需要の削減

(A) 冷蔵庫（買い替え促進、節電協力）

冷蔵庫は旧式の機器では定常的に100Wの電力を消費しているがその3分の1程度の省エネの最新機も販売されている。また、液晶テレビなどと異なり、冷蔵庫は容量の大きなものの方が消費電力は小さいため、買い替えに伴う大容量化は電力需要削減にとって好ましく、エコポイントなどの施策は有効である。また、ピーク時間帯は冷蔵を弱にする、冷蔵庫が複数台ある家庭はクーラーボックス等の活用も考慮し1つをピーク時間帯に停止する、長期帰省の世帯は庫内を空にし、電源を切るなどの努力と合わせ、各家庭で平均30Wの節電が実現されれば東京電力管内で60万kW程度の需要削減が可能と期待される。また、小売店の冷蔵・冷凍コーナーの更新やカバー設置、オフィスや公的機関における冷蔵庫の更新や節電も有効である。

(B) 照明（買い替え促進、消灯）

白熱電球・クリプトン球など低効率の照明の販売を停止しLED電球や電球式蛍光灯など高効率の照明で代替する。オフィス・個別家庭も当然対象とするが、アパート・マンションの共用部、工場の水銀灯の高効率電灯化や、電球式信号機をLED式に置き換えるなどの効果も大きい。また、昼の時間帯であることから、消灯も有効であるが、太陽光が直接窓から入ってくる場合は空調負荷を増やすため、注意が必要である。精査が必要であるが20万kW程度の需要削減は可能と期待される。

(C) エアコン（買い替え促進、フィルタ掃除、節電）

エコポイントを継続・延長し、新型のエアコンへの代替を促進するとともに、エアコンフィルタ掃除を推奨すること、クールビズで設定温度を高くすること、個室空調をやめリビングなど皆で同じ空間で過ごすことなどが有効である。東電管内での空調需要は500-1000万kWと言われており、10%の改善で50-100万kW程度の需要削減が可能と期待される。ここで、他項で挙げられる室内で使用する家電製品や電気機器の効率化や省エネ行動に伴って、室内の熱発生量が減少し冷房負荷自体も減少するため、複数対策による相乗効果が期待できる点を付記する。熱中症対策には気をつけないといけないが、うちわ、扇風機、風鈴などをうまく活用することも選択肢の一つである。

(D) 電気ヒートポンプのガス化（オフィス・家庭）

現在、電気により行っている空調をガスヒートポンプによる空調に置き換えることで、電力需要を削減することが可能であり、新設・代替時に政策的インセンティブを与えることが有効であると期待される。これまでの導入実績や政策的誘導により 40 万 kW 以上の需要削減が可能と期待される。

3-2. 行動・ライフスタイルの変化

(A) 自動販売機の夏季期間またはピーク時間帯停止

オフィスや各店舗で必要な業務に不便をきたしながら暮らすのではなく、本当に必要なものを除いて自動販売機の少なくとも温度調節の停止を呼びかけ、その分の飲料を小売店に供給することは有効である。日本自動販売機工業会によると、夏場のピーク時間帯（13-16 時）は省エネ運転をしており、1 台当たり 17W の電力消費である。全国で約 400 万台であることから東電管内で約 130 万台の自販機があると想定される。3 月より行っている自販機照明消灯や不要不急の自販機停止と合わせて 2 万 kW 程度の需要削減が可能であると概算される。ただし、今夏に限っては、10-20 時ぐらいまでの電力のひっ迫の可能性もあり、現在の対応では困難である。その場合、稼働停止は有効であり、年間の電力使用量から概算すると 25 万 kW 程度の需要削減も期待できる。

(B) オフィス・家庭のパソコン利用の工夫

デスクトップパソコンはディスプレイと合わせ 150W 程度の電力消費があり、電力需要の削減のポテンシャルが大きい。例えばノートパソコンを併用している従事者は電力ピーク時間帯にはデスクトップパソコンをシャットダウンし、ノートパソコンを電源に繋げずバッテリー駆動させることで業務を継続したり、会議など別の業務に従事したりすることで、電力需要の削減に貢献できる。また、ディスプレイを 2 台使用している場合は 1 台を使用しない、などの省エネ行動が有効である。新規導入の際には省電力のノートパソコンを導入することも有効である。東電管内 4000-4400 万人中のうち、これらの行動に 100 万人が協力することで 15 万 kW 程度の需要削減が期待される。

(C) 電力ピーク時の電車の間引き運行

夏季の電力ピーク時間帯の本数を間引くことで 20 万 kW の電力需要削減が可能と期待される。必要に応じてバス等の増便の必要性も考えられるが、夏季の電力ピークは通勤・通学のピークと重複しないため、社会的にマイナスとなるような直接的影響は少ないと期待される。

(D) 待機電力の削減

待機電力の大きな家電や電子機器の電源コンセントを抜くことや便利な機能をオフにすることは有効である。最近では、例えば DVD やブルーレイレコーダーの起動時間を速くするモードでの待機電力は 10~20W であり、それらモードの解除やコンセントを抜くことで 10 万 kW 程度の需要削減が可能と概算される。また夏季の電力ピークの時間帯に炊飯をすることはあまり想定されないが、保温するのではなく食べる分だけ炊飯したり、冷まして保存し再加熱したりすることで夏季の電力ピーク時間帯における需要を削減できると期待される。

(E) テレビ視聴の停止

現在、地デジ対応のため、省電力型のテレビが十分に普及したものと考えられるが、それでもテレビは 100W 程度の電力を消費する。電力ピーク時にテレビ各局で、「テレビを消すことで節

電に協力できます」等のテロップ表示、ACのCMや電気メーカーのCM節電などにより呼び掛ける。総視聴率から昼間の時間帯でも5世帯に2世帯はテレビを視聴していると概算され、そのうちの1世帯が協力することで40万kWの需要削減が可能と概算される。また、消画モードで音声のみ聞くことも消費電力を半減する効果があり有効な対策である。

4. 電力需要の時間的・空間的シフト

次に、電力需要の時間的シフトについて検討する。現在、いくつかの店舗等で営業時間の短縮等の対策がなされている。これらは停電対策として機能する場合もあるが全く効果がない場合がある。例えば、24時間営業の店が営業時間を10時～19時に短縮したとしても、総電力使用量の抑制には寄与するが、電力需要ピーク時の使用量の削減には寄与しない。またレストラン等で営業時間を変更することで仮にピーク時に需要が集中することがあれば、停電対策としては負の寄与がある。以下にあげる対策はいずれも、夜間や休日といった平日昼間と比べ電力需要が相対的に小さい時間、もしくは、電力供給に相対的余力がある地域へと電力需要をシフトさせるものである。したがって、万が一その方策が総使用量を増やすものだとしても、電力供給余力のある時間や地域へ、電力需要をシフトさせることを真剣に考慮すべきである。ただし、空間的シフトに関しては、設備や生産の移転といった構造調整には時間を要するため、今夏対策という点では、取り得るオプションは限られるかもしれない。以下の対策を実施することで、**時間的シフトにより520-570万kW、空間的シフトにより75-145万kW、合わせて時空間シフトにより595-715万kWのピーク電力需要を削減可能と期待できる。**

4-1. 電力需要の時間的シフト

(A) 休日のシフト

前述のように、平日と比較して週末は電力供給能力に相対的余力がある。そこで、各業界の全面的な協力・連携のもと通常土日の休日を夏季期間のみ月火、水木などとシフトすることで270～320万kW程度の削減効果が期待できる。

(B) 勤務時間のシフト

現在交替制ではなく昼間のみ稼働させている工場・研究所等を夜間運転・夜勤に切り替える。東電管内4000-4400万人中のうち、例えば、大学での深夜研究・夜間授業などの検討も含め、200万人相当の勤務時間シフトにより150万kWの削減効果が期待できる。三交替・二交替の勤務の場合でもピーク時間帯に数時間の協力が可能な業態も呼びかけたい。深夜勤務手当に相当する補助や減税などの施策、電車等公共交通機関の深夜(24時間)運行の検討が求められる。

(C) 昼休み長時間化・在宅勤務・フレックスタイム制の推奨

勤務時間を昼夜逆転することが困難な業種にあっては、昼休み時間帯を2～3時間と長時間化したりピーク時間帯に昼休み時間帯を取ったりするような、勤務シフトを組むことで100万kW程度の需要削減が期待できる。在宅勤務による勤務時間の裁量を増すことや、晴天の午後は半休を取り雨天・曇天時にその分の仕事をするなどのフレックスタイム制を推奨することも有効である。

4-2. 電力需要の空間的シフト

(A) サーバー類を西日本や北海道へ移設

通信やデータサーバー等はユーザーにとって見えないインフラであり、どこに設置されていてもほぼ影響はない。そのようなサーバーを電力供給に余裕のある地域に移設することで 10-30 万 kW 程度の需要削減が期待される。

(B) 居住地変更

産業界では経済活動を麻痺させないために、電力供給に不安のない地域に生産を移すことが検討されている。その際、エネルギー需要削減の観点からは、単身赴任ではなく、家族全員が引っ越すことも重要である。現在の東電管内からの単身赴任家庭および今後の勤務地変更がある労働者に家族ごと居住地を変更するインセンティブをつけることで、仮に 50 万人が居住地を変更したとすれば最大 50 万 kW、100 万人であれば最大 100 万 kW の需要削減が見込まれる。

(C) 高等教育における国内・海外留学・インターンの促進

大学・大学院などの学生を中心に、夏季期間、電力供給に余裕がある国内の他大学での研究交流や、海外留学、国内・海外企業でのインターンなどを積極的に奨励することで、東電管内の電力需要の削減が可能である。学部教育における他大学での単位認定の促進や休暇中の帰省の奨励なども含め、通常よりも 10 万人余分に管外に移動したとすると最大 10 万 kW の需要削減が見込まれる。現在、原発事故に伴い渡航を見合わせている留学生に対する他地域への来日の暫定振り替えや大学間単位認定なども含め、様々な施策が有効であろう。

(D) 他地域への観光誘導

夏季における長期休暇の取得を奨励するとともに、他地域への観光を誘導することは需要削減につながり、地域振興などと連携した施策となりうる。このことによる定常的に 5 万人分の旅行者増があったとすると最大 5 万 kW の需要削減が見込まれる。暑い日は涼しい地域への観光や少電力消費型の娯楽施設を安くするなどの施策も有効である。

5. 提言

以上の分析に基づき、我々は以下の提言を行う。

1) 大規模計画停電回避のための方策の協調的实施

今回、我々は大規模計画停電回避のための方策として、**電力供給力の増加、電力需要の削減、電力需要の時間的・空間的シフトを提案し、それぞれのピーク電力需要に対する効果を 365 万 kW、280 万 kW、615 万 kW と概算した。**それぞれ、120 万世帯、90 万世帯、200 万世帯以上に相当する。数値の確度、各方策間の相乗・相殺効果、実現可能性に議論の余地は大いにあるが、生活・経済に支障をきたす大規模な計画停電を極力回避するためには、単に供給力の増強や需要削減だけでなく、電力需要を時間的・空間的にシフトさせることが不可避であることを示した。提案した方策は、明日から容易にできることと少し時間がかかるもの、大きな努力や仕組みづくりが必要なものを含んでいるが、過度のガマンや経済の停滞を伴わずに夏のピーク電力に対応するための指針となるものと信じる。特に電力需要の時間的・空間的シフトを無理なく実施するには幅広い関係者の協調的な行動が不可欠であり、産官民を挙げ

での協力・仕組みづくりに早急に取り組むことを提案する。

2) 電力需要データの開示

電力需要の見える化が重要である。3月22日より、東京電力において電力の使用状況が1時間当たりの平均需要グラフとして見える化されたことは評価に値する。今回は、電力需要をシフトさせる効果についておおまかな試算を行ったが、電力需要の見える化により、具体的にだれがいつどのようにシフトさせるか、その効果はどのぐらいかということについて検討が可能となるだけでなく、なぜする必要があるかを各人が判断し、納得した上で、行動することができるようになる。また、さらなる見える化努力として、よりリアルタイムに近い形で情報提供することにより、消費者が想定外の大規模停電を避けるために効果的に行動することが期待できるであろう。節電の方策を継続的に議論する上でも、電灯・電力の別、および地域別に電力需要をリアルタイムで見える化し、提供されるようにすることが重要である。さらには、一ヶ月後、二ヶ月後の平日・休日・天候ごとの電力需要予測結果を見える化することも工場や店舗の営業計画等の策定に重要であり、直近数年程度の電力需要の詳細を開示することを提案する。

3) 電力供給中期見通しの提示

現在、今夏の発電容量見込みに関しては報道されている。今夏を乗り切るために、電力需要の時空間シフトが必要であるが、では例えば、会社員が西日本に移転するとしていつまで移転を続ければ良いのであろうか。現在、経済面で懸念材料となってきたのは、見通しが立たない中での、企業の海外流出である。見通しが不明であるために、必要以上の流失を招く可能性が出てきている。確度は高くなくとも今夏以降～数年後までの見通しを示すことで、国民や企業に対する指針を提供することは重要である。新たな電力供給源の製造や建設について、一電力事業体のみならず官民一体となって議論し、成案を得てそれを示すことを提案する。

(本提言は、2011年3月28日理事会幹事会で承認し、公益社団法人化学工学会の提言とした。)

補遺1 提言執筆者リスト

古山通久 九州大学稲盛フロンティア研究センター／カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所
梶川裕矢 東京大学大学院工学系研究科
加藤之貴 東京工業大学原子炉工学研究所
菊池康紀 東京大学大学院工学系研究科
窪田光宏 名古屋大学大学院工学研究科
中垣隆雄 早稲田大学創造理工学部
福島康裕 台湾国立成功大学環境工程学系
松方正彦 早稲田大学先進理工学部

補遺 2：産業・家庭の電力利用者側の方策効果概算値のまとめ

万kW

2. 電力供給力の増強		
2-1. 太陽光発電		50-75
2-2. 蓄電技術		5
2-3. 風力・エネファーム・その他分散電源		10
2-4. 防災用自家発電装置		300
3. 電力需要の削減		
3-1. 省電力機器の導入	(A) 冷蔵庫(買い替え促進、節電協力)	60
	(B) 照明(買い替え促進、消灯)	20
	(C) エアコン(買い替え促進、フィルタ掃除、節電)	50-100
	(D) 電気ヒートポンプのガス化(オフィス・家庭)	40
3-2. 行動・ライフスタイルの変化	(A) 自動販売機の夏季期間またはピーク時間帯停止	2-25
	(B) オフィス・家庭のパソコン利用の工夫	15
	(C) 電力ピーク時の電車の間引き運行	20
	(D) 待機電力の削減	10
	(E) テレビ視聴の停止	40
4. 電力需要の時間的・空間的シフト		
4-1. 電力需要の時間的シフト	(A) 休日のシフト	270-320
	(B) 勤務時間のシフト	150
	(C) 昼休み長時間化・在宅勤務・フレックスタイム制の推奨	100
4-2. 電力需要の空間的シフト	(A) サーバー類を西日本や北海道へ移設	10-30
	(B) 居住地変更	50-100
	(C) 高等教育における国内・海外留学・インターンの促進	10
	(D) 他地域への観光誘導	5

計 1217-1435

補遺 3 系統電源の供給力増加のための方策

A 3-1. 周波数変換による 60Hz 地域からの送電

供給力が不足する東京電力管内の周波数は 50Hz であり、中部電力・北陸電力以西の 60Hz の電気をそのまま送電できない。佐久間 (30 万 kW)、新信濃 (60 万 kW)、東清水 (10 万 kW) に 50/60Hz 周波数変換設備があり、既にこれらを経由して中部電力は 100 万 kW を融通している。周波数変換所をこの夏に向けて新設することは工期上不可能で、唯一あり得る増設は、東清水変電所である。東清水変電所では周波数変換の容量自体は 30 万 kW あるが、送電線の増設が計画段階にあり、この敷設の前倒しは急務と考えられる。また、5 月までに、東清水を 13 万 kW へ前倒し増強することが既に報道されている。

A 3-2. 60Hz 水力発電所の 50Hz 化

周波数変換による送電だけでなく、60Hz と 50Hz の境界付近の発電所において 50Hz で発電して直接送電する努力もなされており、実際に、関西電力では長野県の御岳・寝覚の水力発電所を 50Hz 化し 7 万 kW を東京電力に送電する準備を進めている。また、中部電力からも泰阜水力発電所から 2 万～4 万 kW、佐久間・秋葉系水力発電所から最大で 23.1 万 kW 既に融通されている。

A 3-3. 北海道・本州連系設備による送電

現在、海底ケーブル 3 本が敷設されている北海道・本州連系設備を通して、北海道電力から東北電力を経由して送電することができる。北海道電力も 50Hz ではあるが、本州の 50Hz とは同期しておらず、北海道・本州連系は直流送電で容量は 60 万 kW となっている。北海道は夏の冷房需要は小さく発電容量に余裕があるため、これまでも東京電力管内への送電実績がある。現在、さらに 4 本目の海底ケーブルの増設計画中とされるが、工期短縮のために青函トンネルを活用し、変換所を増容量することで約 30 万 kW 程度の増強が早期に可能ではないかと考えられる。30 万 kW の増設で 600～900 億円との試算もあるが、将来的な電力供給余力の確保に向けて推進すべきである。

A 3-4. 常用自家発電機からの余剰電力送電

大きな工場や特定規模電気事業者は常用自家発電機を持っており、工場内の電力需要が低い時や電力需要のひっ迫時には逆潮流により東京電力に売電している。大口の事業所は夏季において余力がない場合が多いと考えられるので、小口の事業所の中で余力のある箇所や逆潮流なしの契約事業所の洗い出しにより供給量を増やせる可能性はあるが、供給可能量は精査する必要がある。

A 3-5. 火力発電の増設

東京電力では 30 万 kW 程度のガスタービン発電設備の増設による火力発電容量の増強を発表している。これは現実的には数百～数千 kW のものを数十台導入する計画と推定される。運転開始まで数年かかる最新鋭の火力発電所の発電効率の 6 割程度の効率しか見込めず、将来的な発電コスト・省エネ・環境負荷の観点からは望ましくない。また、電力系統の周波数統一の可能性も再度模索する必要があると考えられることから、60Hz に対応可能な設備として導入することの重要性も指摘したい。

A 3-6. 火力発電のレンタル

タイの電力会社からの申し出で 12.2 万 kW の発電設備一式を 2 セット、日本への貸し出し移設が計画されている。発電設備は日本製で、95 年から稼働しているが、ピーク時を除いて使われていないため設備を無償貸し出しとの報道されている。

補遺 4 改訂履歴

3月28日 初版

4月5日 改訂版

1. 有識者からの指摘を受け、電力需要の時間シフト（勤務時間のシフト）の影響を精査、修正
2. A3-6. 火力発電のレンタルを追加

4月13日 改訂2版

1. 有識者からの指摘・協力を受け、分散電源（エネファーム・その他）節電（冷蔵庫、照明、エアコン）、自動販売機の夏季期間またはピーク時間帯停止、オフィス・家庭のパソコン利用の工夫、テレビ視聴の停止、シエスタ・在宅勤務の推奨、サーバー類を西日本や北海道へ移設、単身赴任でない居住地変更の項を改訂（項目名は改訂前）
2. 東電管内の概算人数・世帯数を記載
3. 補遺2に幅を持たせて記載

東日本大震災に伴う電力不足対策に関する緊急提言
—計画停電を最小限に食い止めるために—
2011年4月18日@早稲田大学国際会議場

シンポジウムの企画趣旨・概要

松方正彦(早稲田大学)



夏場の大規模な計画(輪番)停電はなぜ問題

- 経済活動の制約→景気の後退→復興への悪影響
 - はめ殺しの窓のオフィスビル、ホテルの冷房・換気停止
 - 生産活動の制約(半導体、セラミックス)
 - 高層ビル(オフィス、ホテル)のエレベーター停止
 - 大電力消費施設の休業
- 地域社会・一般家庭への影響(含 経済的悪影響)
 - 冷蔵庫・冷凍庫が使えない(商店街、家庭の生鮮食料品、冷凍食品など)
 - 外食産業
 - 社会的・身体的弱者へのしわ寄せ(ひとり暮らしの老人、病院など)
- 初等・中等・高等教育への「長期的」影響
- 夏場であるからこそ、冬場よりもさらに問題
•ましてや、不測の広域停電を起こすと...

この夏に計画停電は避けられるか

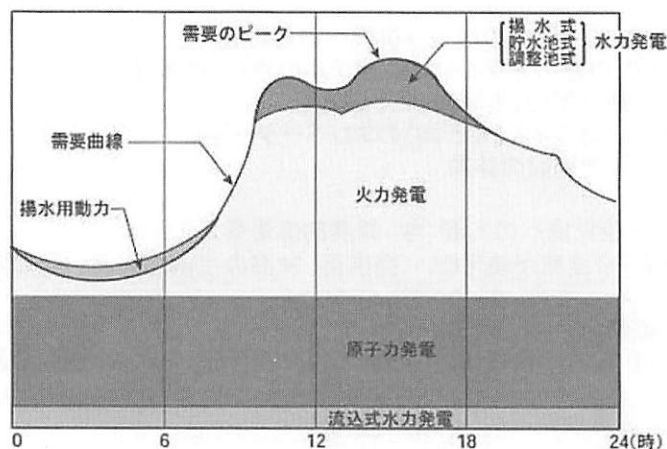
•政府案

- 夏までに4,500万kW(東電発表5,000万kW)確保
- 節電対策の実施
 - 大口需要家 25%、小口業務用 15%、一般家庭 15-20%
- 大口需要家にはペナルティも(電力の使用制限令)

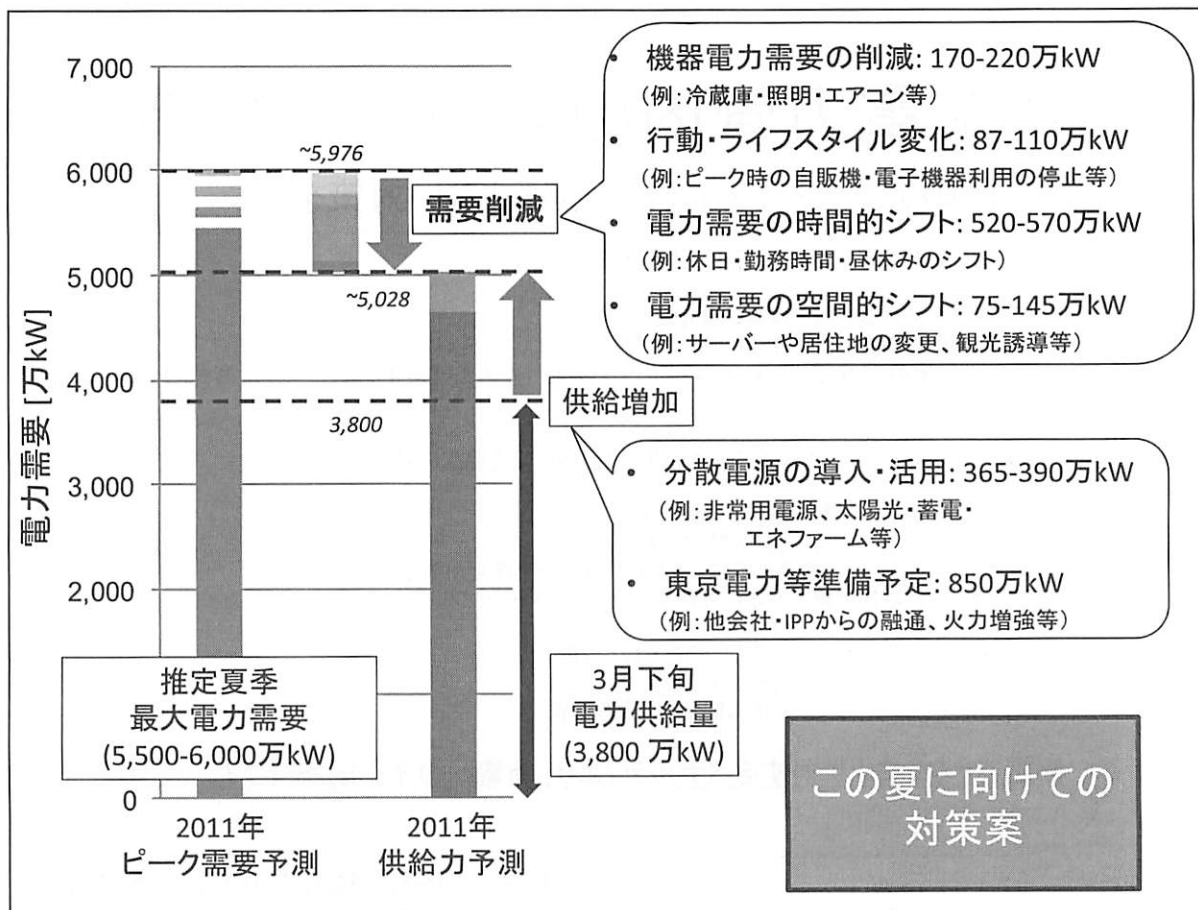
疑問点

- 夏までに本当に4,500-5,000万kW準備できるのか
 - どの数字(政府、経済産業省、東電発表)を信じたらよいか
 - いつまでに、どこまで電力供給力の増強が可能か
- 節電対策について
 - この割合で計画停電を避けるのに充分か
 - そもそも電力需要の基準は何か(いつの需要を100%とするか)
 - 大口需要家に対する電力統制令は有効か
 - 電力統制令はフェアな対策か(電力消費を抑制できる産業と困難な産業はあるか、これまでの省エネ努力に差はないか)
 - 小口需要家や一般家庭では、どのように節電策を実施するのか(法的強制力が働かない)
- いつまで(何年後まで)我慢しないとイケないのか

今何が起きているか、何を検討する必要があるか



出典：資源エネルギー庁「原子力2005」
 「原子力・エネルギー」回覧集2005-2006
 (財)日本原子力文化振興財団



解決すべき問題点

非常用発電機の活用を例として

・逆流には系統連系の制御、落雷などの事故を検出して発電装置自身を停止させる、単独運転防止の制御必要
→ 発電装置のソフトウェアの改修

・燃料が数時間～数日しかもたない
→ サプライチェーン(燃料輸送・保管)の問題

・所内に電力供給を行うと系統側の需要減
→ 系統連携用のソフトウェアの改修

法的規制

騒音規制法
燃料貯蔵 発電機燃料の指定数量

連続運転

72時間連続運転が標準的メーカー保証時間
超長時間運転対応には改造が必要となることも

規制の撤廃、技術的対策、安全確保を速やかにやるなら、急がないと間に合わない

東京電力管内の電力不足対策

首都圏のアクティビティを極力落とさない対策を！

・東京電力は2011年夏には6,000万kWを準備するとしているが、、、

・電力不足は今年の夏だけではない可能性

・大規模な発電所はすぐには建設できない

・応急対策のGT発電、効率の低い旧い火力の寄与が大きくなりすぎると、将来に禍根を残す可能性

・今年の夏だけではなく、これからもずっと(5-10年)続くことを前提に対策が必要

寛容 痛みを伴う対策の享受

協力 産業界・民間の合意形成

(勝手に節電しても効果薄い→平準化が重要)

決断 合理的対策を迅速に実行する強いリーダーシップ

・計画停電 VS. 需要家、一般家庭に痛みを伴う対策

バランスの決定 リーダーシップ

納得性

情報開示、信頼醸成

・節電できないことに対するペナルティより、節電へのインセンティブを

東北電力管内も同様の電力不足の可能性

計画停電や不測の広域停電を避けるためには

4月下旬をめざした対策の取りまとめ(政府)

・効果を定量化した対策の総合的なとりまとめ

・真摯な協力関係の構築と強いリーダーシップの発揮

・政府

・経団連等業界団体

・労働組合

・関連分野の専門家

・一般社会

を今すぐに！

これからのことも考える必要

- これまでは、電気がふんだんに使える生活
- これからは、電気の使用に気を配る生活

- 原子力発電の将来見込み
 - 従来は電力の不足分は原子力で補う
 - 当面は原子力に期待できない

- 応急対策は
 - 停止中の火力発電所の再起動
 - GT発電を世界中から導入
 - いずれにしても、効率の決して良くない火力発電
 - **節電**

- エネルギー供給利用技術の将来像の検討を同時並行で
 - 応急対策が今後10-20年の我が国のエネルギー供給体制の将来に大きく影響する可能性
 - 二酸化炭素問題はいつまで棚上げできるか
 - 都市と地域社会とのバランスの良い共生と、分散型エネルギーシステムについて議論を開始する必要

2011年4月18日 早稲田大学国際会議場

シンポジウム:東日本大震災に伴う電力不足対策に関する緊急提言
—計画停電を最小限に食い止めるために—

今夏および数年間の電力供給見込み

中垣隆雄



早稲田大学 創造理工学部
School of Creative Science and Engineering, Waseda University

震災後の最大電力供給力に関する動き

経済産業省 東京電力管内の今後の電力需給見通しと対応について 3月25日

【供給面】

① 今夏に向けた短期的な対応

- ・火力発電所(被災施設、定期検査中、長期停止中)の復旧・立ち上げ
- ・緊急設置電源(ガスタービン等)の新設
- ・自家発電設備(自家発)からの電力購入の拡大
- ・電源車の増強など

② 中期的な対応

- ・火力発電所等の新設・増設
- ・地域間連系線の増強
- ・太陽光発電・分散型電源の導入促進など

経済産業省 電力需給対策の骨子案 4月7日

【需要面】

大口需要家:電事法27条発動に言及, 同業・異業の複数事業者が共同で使用抑制を図るスキームの導入を検討. 具体策の公表.

500kW未満の小口需要家:20%のピーク電力削減目標. 空調・照明機器の節電, 営業時間の短縮・シフトなどを盛り込んだ個別行動計画を策定するよう求める.

家庭:15%程度の削減を目標, 自治体や教育機関などと連携した節電対策の実施を促す. 節電インセンティブ検討.

【供給面】

(1) 共同火力、IPPを含む火力の復旧・立ち上げ

(2) ガスタービンの新設

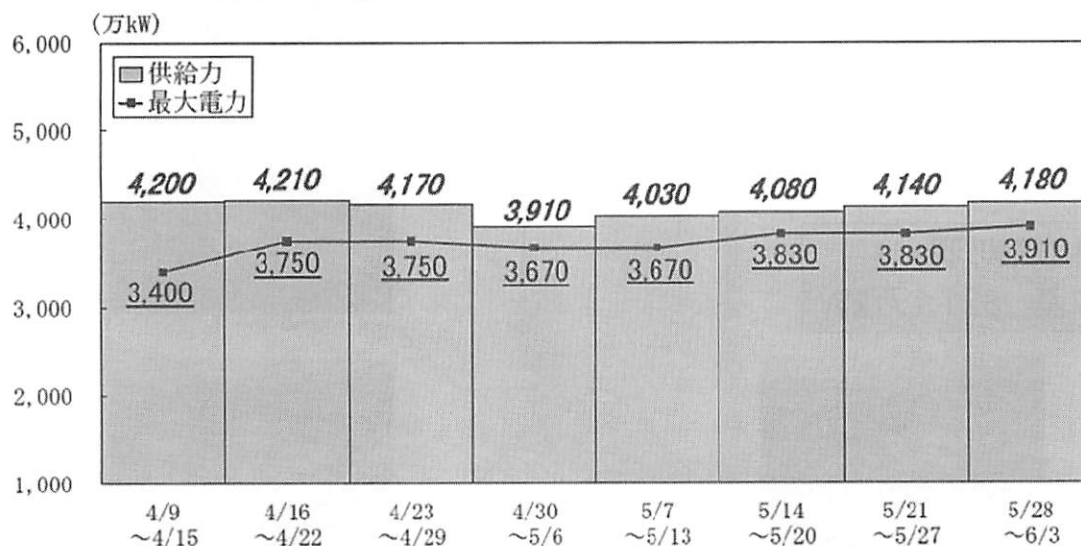
(3) 自家発からの電力購入拡大, 東電エリアで500万kW以上, 東北電力エリアで50万kW以上の積増. 鹿島共同1号機, 常磐共同9号機と自家発余剰についても全1087社を対象とした調達で可能性を追求.

4月8日東電発表の需給見込み

http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu11_j/images/110408b.pdf

別表

各週の需給見通し（来週以降、8週間分）



※ 最大電力は、各週の最大需要想定値、供給力は各週の平均値を記載
※ 揚水発電については、200万kWを供給力として織り込み済み

早稲田大学 創造理工学部 ◆ School of Creative Science and Engineering, Waseda University

本講演で扱う電気事業者

ここでは、電力供給として数十万kW以上の供給力を持つ
電気事業法第二条の事業者のうち、

- 一般電気事業者：東京電力の自社発電所（原子力，火力）
- 卸電気事業者：
 - 200万kW超：原電，電源開発（東電管外は除く）
 - みなし：常磐・鹿島・君津の共同火力，都・県営水力
- 卸供給事業：10年×0.1万kW超 or 5年×10万kW超のIPP
代表例：JFE千葉，住金鹿島，東京ガス横須賀，扇島パワー，
ジェネックス，JXグループ，日立グループ，昭和電工など
- 電力融通（北海道，60Hz地域から）

早稲田大学 創造理工学部 ◆ School of Creative Science and Engineering, Waseda University

東京電力の原子力発電所サイト

福島第一+第二
10基(+2基) 909.6万kW

柏崎刈羽
7基 821.1万kW



柏崎刈羽原子力発電所(新潟県)



完成予想図
東通原子力発電所(青森県)



福島第一原子力発電所(福島県)



福島第二原子力発電所(福島県)

http://www.tepco.co.jp/csr/nuclear/images/plant01_ph02.jpg 閉鎖中

早稲田大学 創造理工学部 ◆ School of Creative Science and Engineering, Waseda University

3.11震災前の稼働状況

震災前後で原子力の電力供給減は 642.8万kW

発電所名	所在地	総出力	社員数 (2009年12月1日現在)	ユニットNo.	出力 (×メーカー名)	炉型	運転開始(予定)年月
福島第一	福島県双葉郡 大熊町及び 双葉町	469.6万kW	在) 東京電力社員数: 1,056名 協力企業社員数: 4,230名	1号機	46万kW(GE)	BWR	1971年 3月
				2号機	78.4万kW(GE・東芝)	BWR	1974年 7月
				3号機	78.4万kW(東芝)	BWR	1976年 3月
				4号機	78.4万kW(日立)	BWR	1978年10月
				5号機	78.4万kW(東芝)	BWR	1978年 4月
				6号機	110万kW(GE・東芝)	BWR	1979年10月
				7号機	138万kW(-)	ABWR	2016年10月(予定)
				8号機	138万kW(-)	ABWR	2017年10月(予定)
福島第二	福島県双葉郡 楡葉町及び 富岡町	440万kW	東京電力社員数: 717名 協力企業社員数: 2,923名	1号機	110万kW(東芝)	BWR	1982年 4月
				2号機	110万kW(日立)	BWR	1984年 2月
				3号機	110万kW(東芝)	BWR	1985年 6月
				4号機	110万kW(日立)	BWR	1987年 8月
柏崎刈羽	新潟県柏崎市 及び刈羽郡 刈羽村	821.2万kW	東京電力社員数: 1,147名 協力企業社員数: 8,421名	1号機	110万kW(東芝)	BWR	1985年 9月
				2号機	110万kW(東芝)	BWR	1990年 9月
				3号機	110万kW(東芝)	BWR	1993年 8月
				4号機	110万kW(日立)	BWR	1994年 8月
				5号機	110万kW(日立)	BWR	1990年 4月
				6号機	135.6万kW(東芝・日立・GE)	ABWR	1996年11月
				7号機	135.6万kW(日立・東芝・GE)	ABWR	1997年 7月
東通 (施工準備中)	青森県東通村 大字小田野沢	-	東京電力社員数: 96名	1号機	138.5万kW(-)	ABWR	2017年 3月(予定)
				2号機	138.5万kW(-)	ABWR	2020年度以降(予定)

<http://www.tepco.co.jp/nu/index-j.html>

早稲田大学 創造理工学部 ◆ School of Creative Science and Engineering, Waseda University

柏崎刈羽の定期検査

電気事業法第54条

原子炉など 1年1ヶ月を超えない

タービン 2年1ヶ月を超えない

原子力の場合の停止期間(実績)

長い場合1年以上

短い場合1ヶ月～1ヶ月半程度

柏崎刈羽

1号機 H22.8.4終了, 次回H23.9.4までに冷温停止

2号機 H19.2.19～未定 配管サポート, 天井クレーンなどの耐震補強工事

3号機 H19.9.19～未定 90%以上完了

4号機 H20.2.11～未定 配管サポートの耐震補強工事

5号機 H23.2.18終了

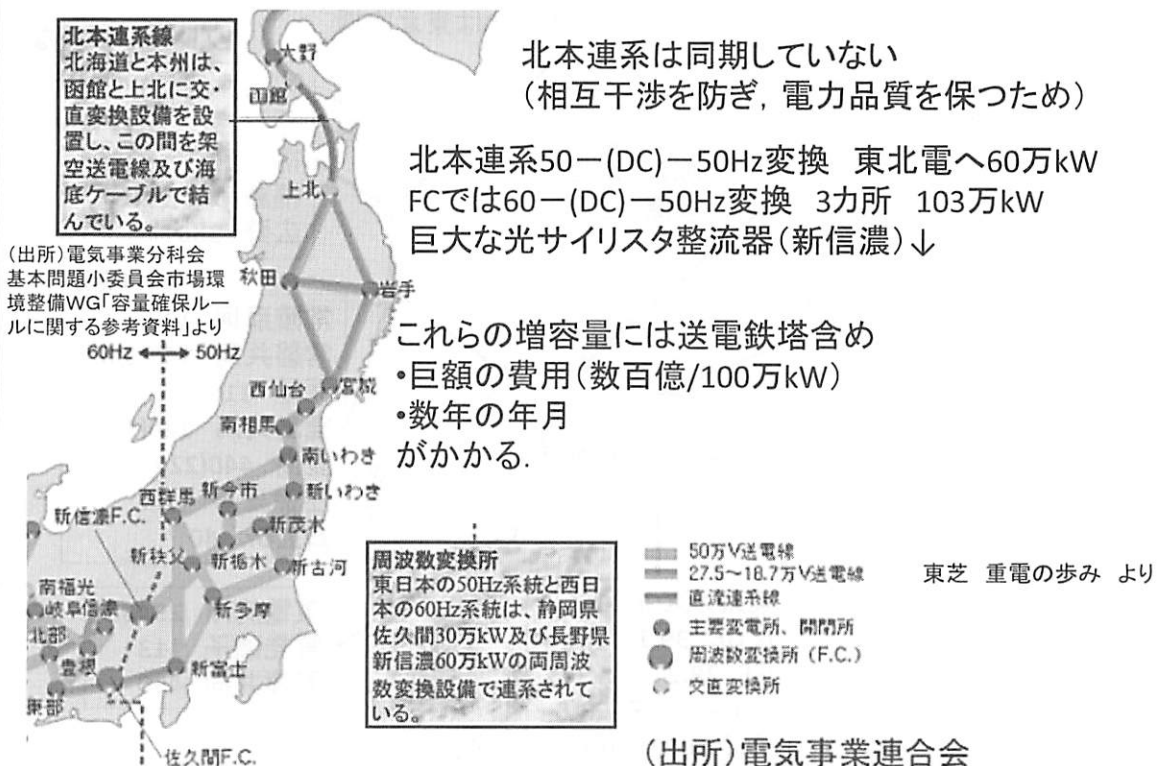
6号機 H23.3.9

7号機 H22.7.23終了, 次回H23.8.23までに冷温停止

<http://www.tepco.co.jp/nu/kk-np/chuetsu/data/taishin.pdf>

早稲田大学 創造理工学部 ◆ School of Creative Science and Engineering, Waseda University

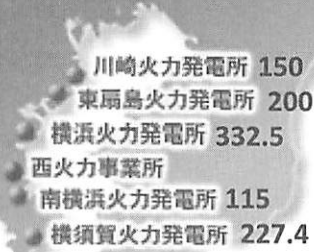
50Hz基幹電力網



早稲田大学 創造理工学部 ◆ School of Creative Science and Engineering, Waseda University

東京電力の火力発電所はどうか？

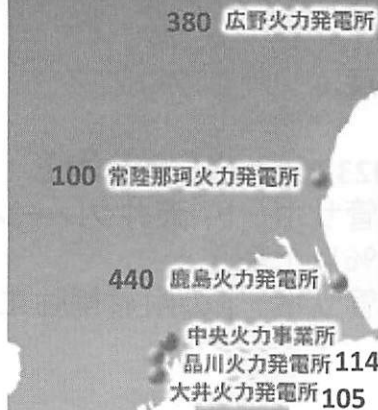
西火力事業所・火力発電所MAP



最大1025万kW

最大1139万kW

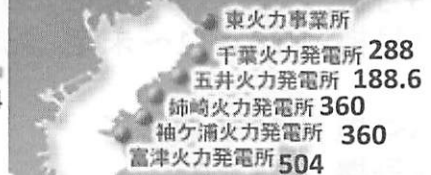
中央火力事業所・火力発電所MAP



単純合計(発電)
最大3864.5万kW

最大1700万kW

東火力事業所・火力発電所MAP



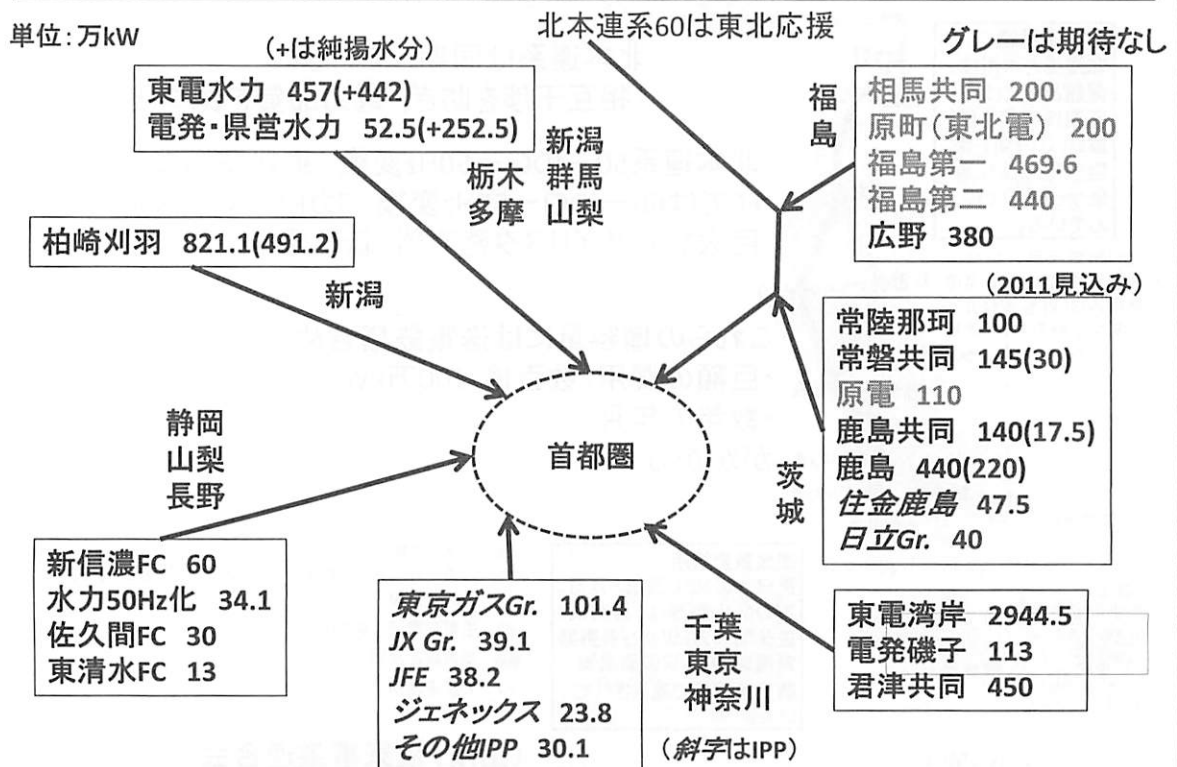
単位: 万kW

東京電力火力ホームページを元に作成, 現在閉鎖中

早稲田大学 創造理工学部 ◆ School of Creative Science and Engineering, Waseda University

供給力マップ

単位: 万kW



早稲田大学 創造理工学部 ◆ School of Creative Science and Engineering, Waseda University

供給力の単純合算

一般と卸電力事業者の合計値	今夏	2012	備考
	万kW	万kW	
常磐共同	30	145	
鹿島共同	18	140	(住友金属)
東電火力	3165	3865	(鹿島全, 広野復旧)
電発磯子	113	113	
君津共同	45	45	(新日鐵共同約1/2)
柏崎刈羽	491	491	(そのままと仮定)
電発水力(自然+混合)	9	9	(湯水がリスク)
東電水力(自然+混合)	457	457	(湯水がリスク)
県営水力(自然)	44	44	
関電・中電水力50Hz化	34	34	
60Hz-50Hz変換融通	103	103	
レンタルGT(タイなど)	54	54	
合計(所内率3.8%)	4396	5298	
純揚水(東電・電発・神奈川)合計	695	695	(夜間余裕による)

これにさらにIPPから320程度上積み可能

早稲田大学 創造理工学部 ◆ School of Creative Science and Engineering, Waseda University

大規模集中発電用ガスタービン

ガスタービン単体(シンプルサイクル)では効率が40%以下であるため, 蒸気タービンと組み合わせた複合サイクル発電システム(GTCC)で使うことを想定しており, 熱効率は55%を超える. 最新鋭は60%(LHV)に到達している.

ガスタービン出力と熱効率の一例		単純		複合	
		出力MW	熱効率	出力MW	熱効率
三菱重工	M701F	312	39.3%	465	57.5%
	M701G	334	39.5%	498	59.3%
	M701J	460	-	670	< 60%
GE	S109FB	279	38.0%	413	58.0%
	S209FB	-	-	825	58.0%
	S109H	-	-	520	60.0%
Siemens	SGT5-4000F	292	39.8%	423	58.4%
	SGT5-8000H	340	40.0%	530	60.0%


東電火力はLNGにかなりシフトしており, 発電効率30%台の老朽石油・石炭焚きの汽力発電(蒸気タービン)の稼働率はこれまでは低かった.

早稲田大学 創造理工学部 ◆ School of Creative Science and Engineering, Waseda University

大型ガスタービンの製造ペースはどうか？

直接震災被害のない三菱重工の場合10年で150台ほど出荷

15台/年



複合発電の場合、蒸気タービンと巨大な廃熱回収ボイラも必要
費用は度外視

<http://www.mhi.co.jp/story/gasturbine/story.html>

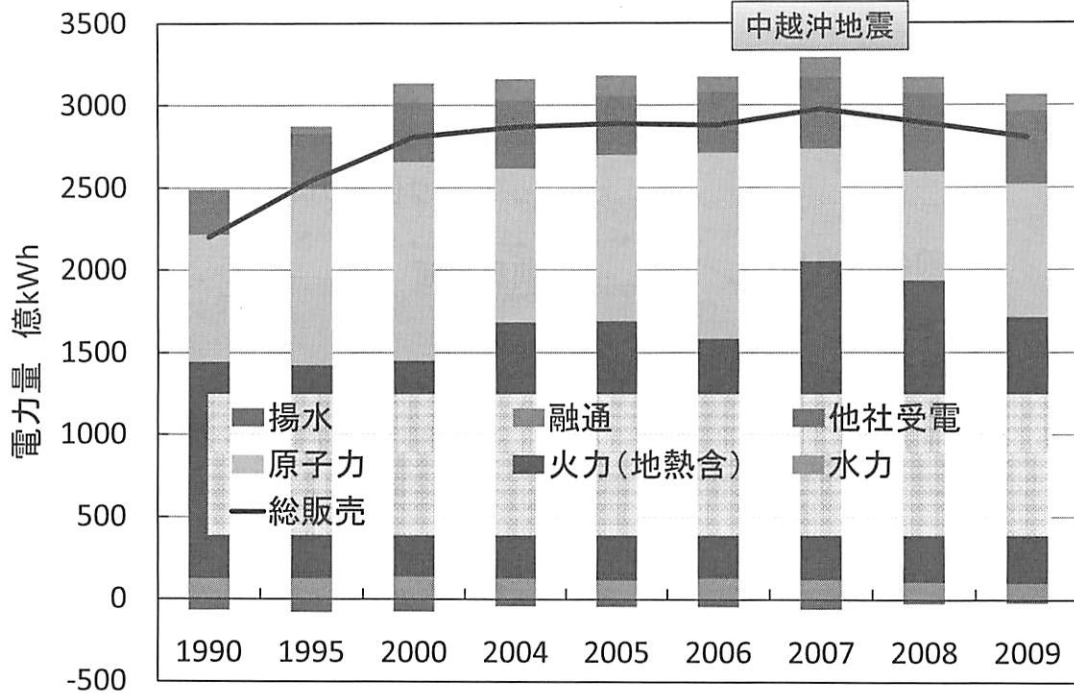
早稲田大学 創造理工学部 ◆ School of Creative Science and Engineering, Waseda University

発電プラントの工事は、概ね2年

吉田, 宮崎, 井上 「海外EPCプラント建設据付け技術」, 東芝レビューVol.59, No.12(2004) P45より

早稲田大学 創造理工学部 ◆ School of Creative Science and Engineering, Waseda University

東京電力の電力量の推移



東京電力サステナビリティレポート2010より作成

早稲田大学 創造理工学部 ◆ School of Creative Science and Engineering, Waseda University

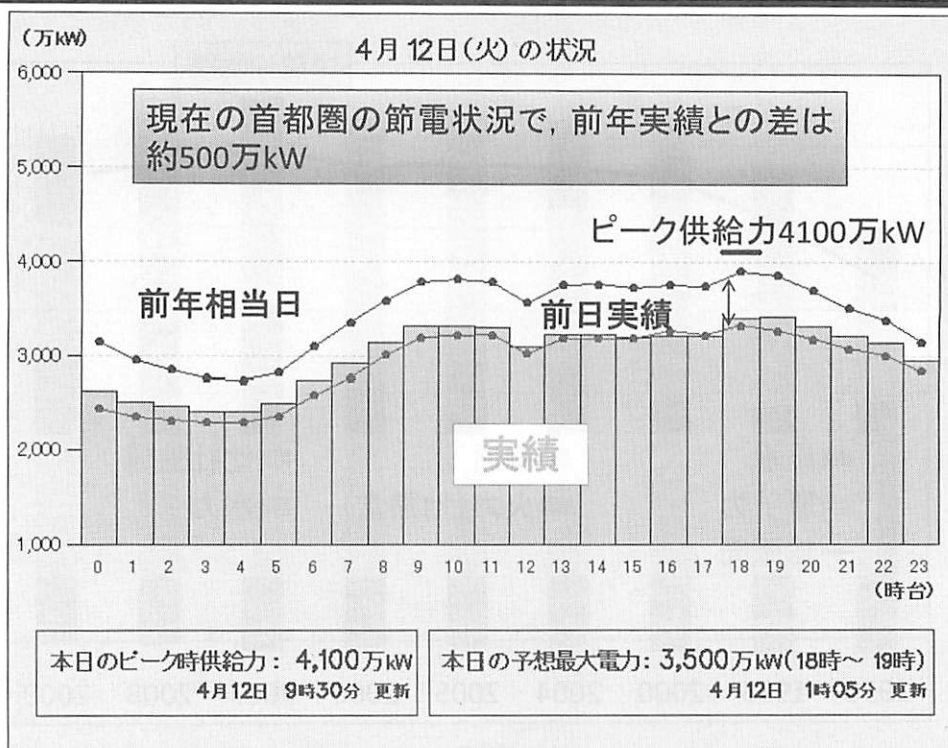
原子力→火力代替でCO₂排出2割増

東京電力のCO ₂ 排出量(全体)	万t-CO ₂	10750	2009年, クレジット除く		
東京電力の販売電力量(全体)	億kWh	2802	2009年, 東電レポートより		
販売電力量あたりのCO ₂ 排出量	kg-CO ₂ /kWh	0.384			
火力用燃料 (2009年)			MJ/物量	t-CO ₂ /物量	CO ₂ 排出量 万t
石炭	(万) t	354	25958	2.352	833
重油	(万) kL	305	41031	2.939	896
原油	(万) kL	132	38209	2.614	345
NGL	(万) kL	4	34608	2.320	9
LNG/LPG	(万) t	1875	51447	2.633	4937
都市ガス	(億) Nm ³	12	41868	2.141	26
合計					7046
LC-CO ₂ 排出量	g-CO ₂ /kWh	直接分g-CO ₂ /kWh	発電端 億kWh(2009)	万t	
原子力	20	0	809	162	
水力	11	0	101	11	
LNG C/C	474	376			
LNG ST	599	476			
石油	738	695			
石炭	943	864			
1500°C級GTCC	430	341		所内率3.8%	
東電火力 (2009年)		454	1612	1551	
震災での原子力喪失	万kW	642.8			
福島第一・第二設備利用率(2009)		83%			
同1年間総電力量 (送電端)	億kWh	446.7			
火力で代替した場合のCO ₂ 排出増	万ton	2030			
対2009年増加率		18.9%			
販売電力量あたりのCO ₂ 排出量	kg-CO ₂ /kWh	0.456			

- 2009年のデータは東京電力サステナビリティレポート2010より作成。
- 発電方式, 燃料のCO₂排出量係数は電中研報告Y09027を用いた。

早稲田大学 創造理工学部 ◆ School of Creative Science and Engineering, Waseda University

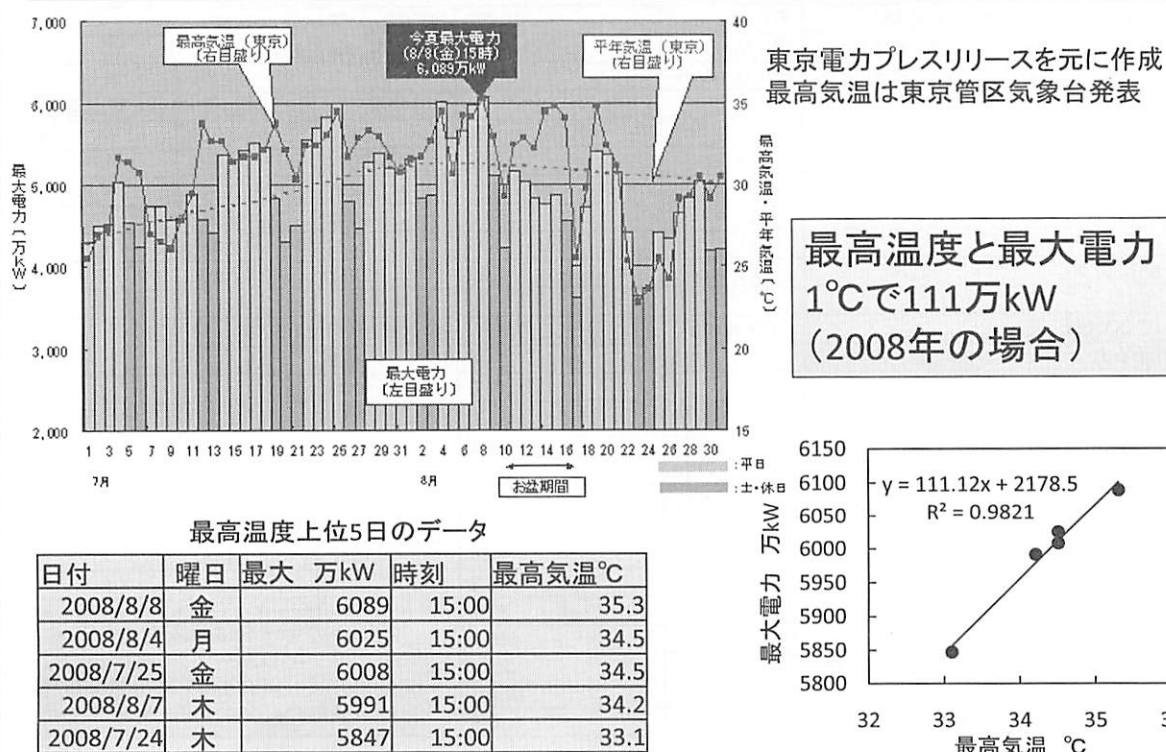
4月中旬の電力使用状況



<http://www.tepco.co.jp/forecast/index-j.html>

早稲田大学 創造理工学部 ◆ School of Creative Science and Engineering, Waseda University

最高気温と最大電力との関係(2008年)



早稲田大学 創造理工学部 ◆ School of Creative Science and Engineering, Waseda University

近年の最高気温と最大電力との関係

近年の歴代最高温度と最大電力データ

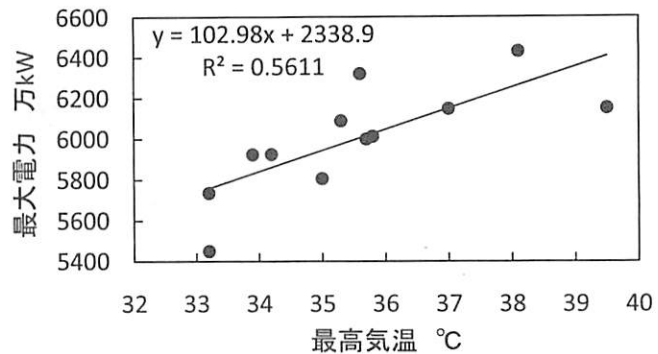
記録日	曜日	最大電力 万kW	最高気温 ℃
1999/9/1	水	5925	34.2
2000/8/3	木	5924	33.9
2001/7/24	火	6430	38.1
2002/8/1	木	6320	35.6
2003/9/11	木	5736	33.2
2004/7/20	火	6150	39.5
2005/8/5	金	6012	35.8
2006/7/14	金	5806	35.0
2007/8/22	水	6147	37.0
2008/8/8	金	6089	35.3
2009/7/30	木	5450	33.2
2010/7/23	金	5999	35.7

東京電力プレスリリースを元に作成
最高気温は東京管区气象台発表

※H21は冷夏で少ないが、気温感度は同じく100万kW/1℃
H22(昨年)は詳細データやでんき予報なし。

最高温度1℃上昇で最大電力は
110万kW程度(原発1基分)増加

最高温度と最大電力1℃で103万kW
(多少荒いが、ほぼ感度は同じ)



2001年を更新しない理由:
離脱需要, 冷房COP向上, 高断熱住宅, 景気低迷...

まとめ

今夏

- 東電と卸電力+IPPで4700万kW, 揚水を使えばピークのみ5000万kWの供給力は確保できる可能性あり. なお, 夏後半に柏崎刈羽で245.6万kW確実に失う.

来年以降

- 原発現状維持, 火力全復旧, 水力・揚水フル稼働+IPPの応援を総動員すれば, 数字上は6000万kW可能だが, 非効率な老朽火力の依存度が高くなり, 燃料費が電力料金を押し上げる要因となる.
- 発電効率の高いGTCCで置き換える場合, 費用を度外視すれば2年程度で可能だが, 天然ガス依存度が過剰に高まり, エネルギーセキュリティも問題となる. 電力料金も上がる理由しか見あたらない.
- いずれにしても, CO₂排出量は今後2割ほど増え, 長期間固定される.

系統電力の需要

- 4月初旬の状況で昨年より-500万kW.
- 最高気温1℃で原発1基(110万kW)の需要増, 酷暑が心配.

東日本大震災に伴う電力不足対策に関する緊急提言
—計画停電を最小限に食い止めるために—
4月18日@早稲田大学

今夏の電力不足に向けての対策提言

古山通久

九州大学稲盛フロンティア研究センター
九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所

提言策定に向けた経緯

- 3/18～3/25 アンケート・ヒアリング調査・ブレインストーミング
- 3/22 定量概算による見込み素案
- 3/23 有志による検討会@田町（エアコン・照明なし会議）
- 3/24 提言草稿着手
有識者へのヒアリング継続、定量根拠の確度向上の努力
- 3/25 エネルギー部会内の調整
- 3/26 公表方針決定、Web概要版作成着手
- 3/27 提言骨子確定
- 3/28 公益社団法人化学工学会として提言を公表
（ホームページ掲載、マスコミ広報）
- 4/ 5 改訂版公表
- 4/13 改訂2版公表

発表内容

○理念・背景

○電力不足に対する各提案の概要と定量概算根拠

電力供給力の増強（365-390万kW）

太陽光発電、蓄電技術、その他分散電源

防災用自家発電装置

電力需要の削減（257-330万kW）

機器による電力需要の削減（冷蔵庫、照明、エアコン）

行動・ライフスタイルの変化

（自販機、パソコン、電車、待機電力、テレビ視聴の停止）

電力需要の時空間的シフト（595-715万kW）

休日のシフト、勤務時間のシフト、シエスタ・在宅勤務の推奨

サーバー類移設、居住地変更、国内・海外留学等促進、

他地域への観光誘導

○まとめ

3

理念

緊急性と中長期ビジョン（3月23日）

年間電力需要のピークは7月下旬～8月⇒3ヶ月以内の対応

この対応が今後2-3年どころか10-20年の初期条件となる

※（できないが）ガスタービン発電を1000万kW作ったら20年稼働

理念（3月23日）

過度の経済負担・経済停滞のない国民利益の本質確保

中長期ビジョンに禍根の（少）ない短期ビジョン

倫理・悲壮感・過度のガマンのない現実的対応

研究・実証段階技術でなく実装可能な技術

市民に許容される合理性

※参考：堀尾正靱、「骨太なエネルギー技術体系の実現をめざして」、

実装可能なエネルギー技術で築く未来、加藤・安永・柏木監修、

化学工業社、pp. 49-55、2010

4

提言に当たっての前提条件

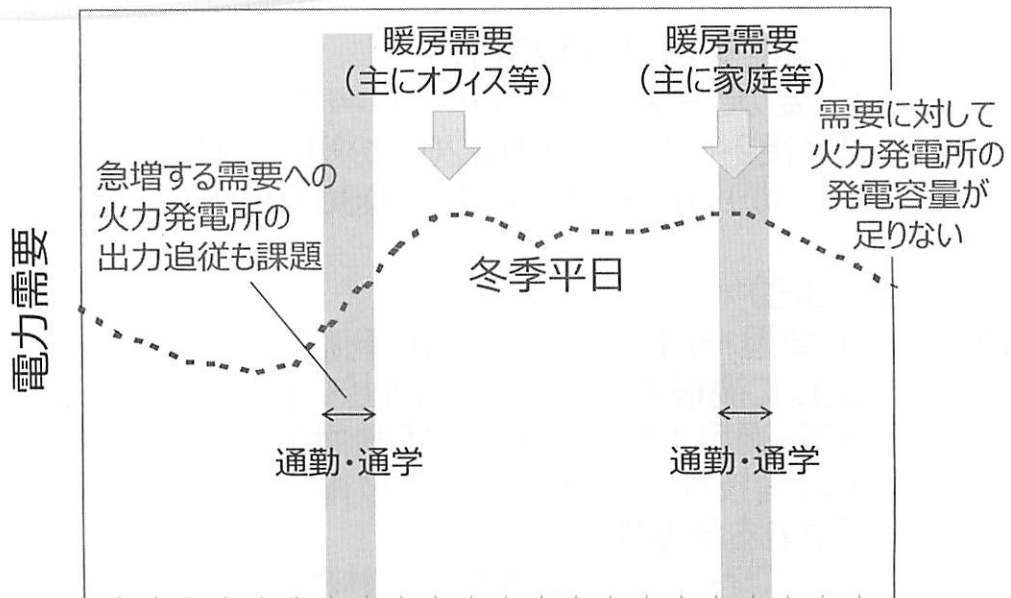
(3月23日)

- 現状（原発の対応、電力供給の状況）は踏まえるが、現状に対する提言は行わない
- 定期点検中等の原子力発電所の再稼働に期待しない
- 東北電力については目途が立たないことから東北圏内に集中してもらう
- 大規模停電だけでなく計画停電は可能な限り避ける（輪番休業も）
- 過剰な設備投資をしない
- 3月のような過剰なガマン（空調・照明なし会議など）は避ける
- 「最大限」の見込み・努力ではなく「現実的/確実に/最低限」できることを中心に積み上げる
 - ※制度などやればいだけのもの除いては、実績をベースとする
- 見込みは概算、±50%の誤差を恐れない
 - ※削減効果の多くは（全員が実施した際の削減量）×（協力率）
- 執筆者の専門知の限界は外部専門家に（付け焼刃はご容赦を）
- 多くの困難な理由を並べるより1つの協力してもらえ可能性を提示

5

背景：冬季平日の問題

2011年3月下旬の寒い平日

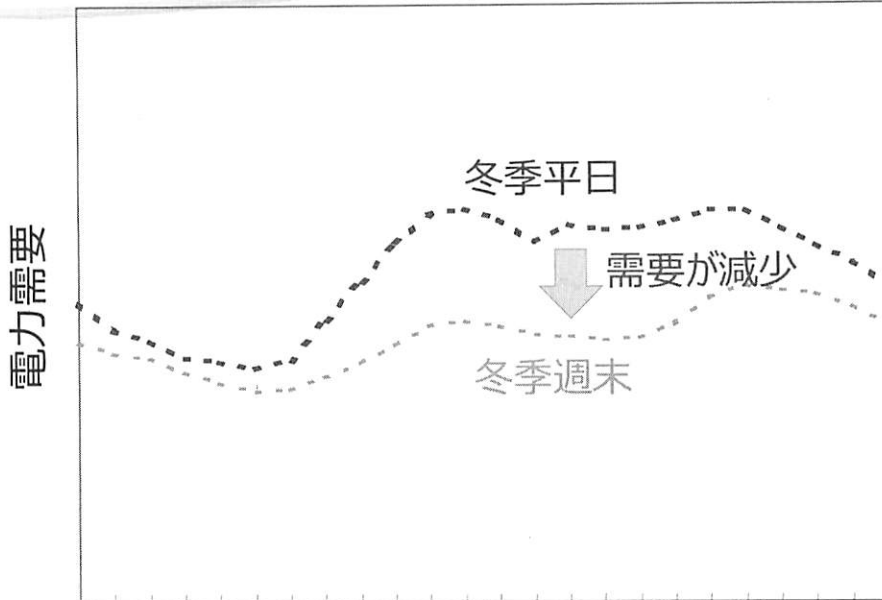


※グラフはイメージです

6

背景：休日には計画停電が不要

2011年3月下旬の寒い休日

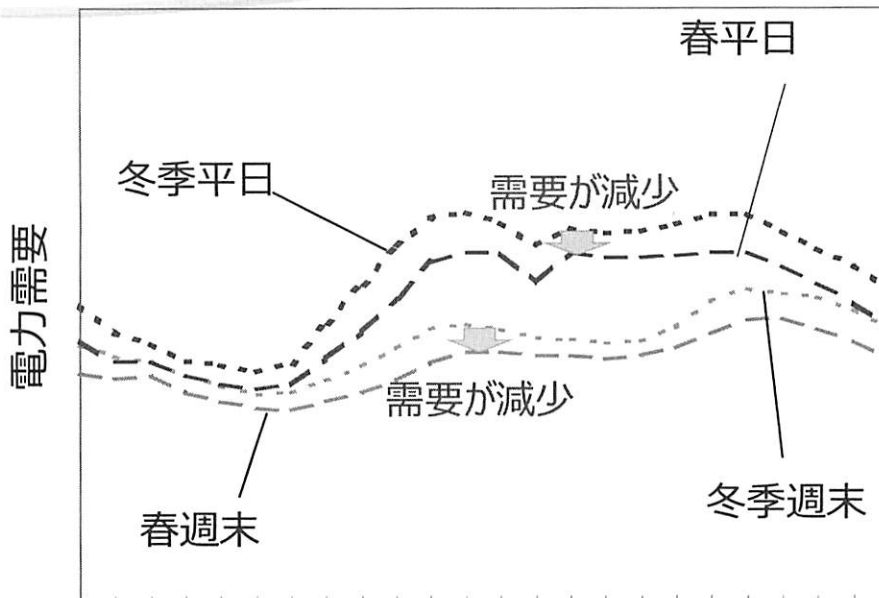


※グラフはイメージです
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23
時間

7

背景：春は冬よりも電力需要が低下

2011年3月下旬の暖かい日・2011年4～5月

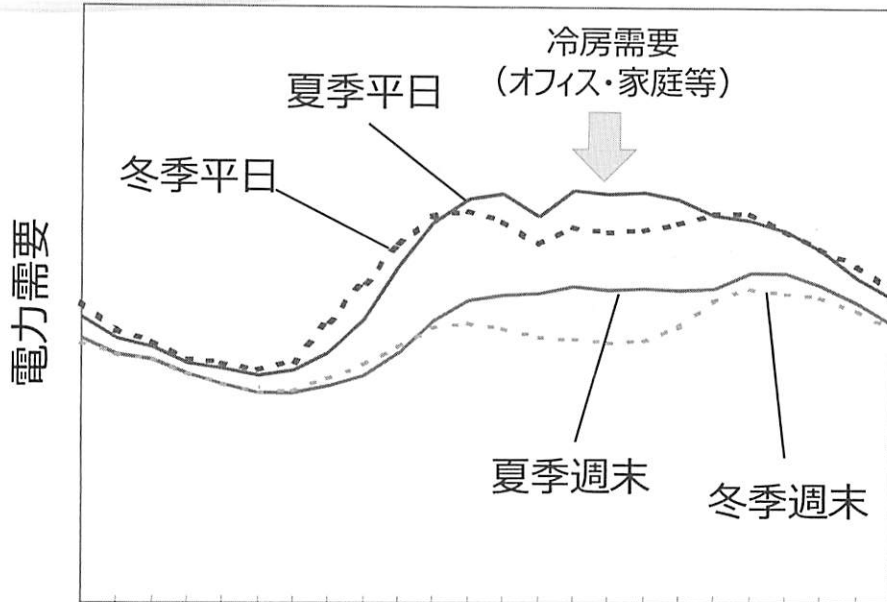


※グラフはイメージです
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23
時間

8

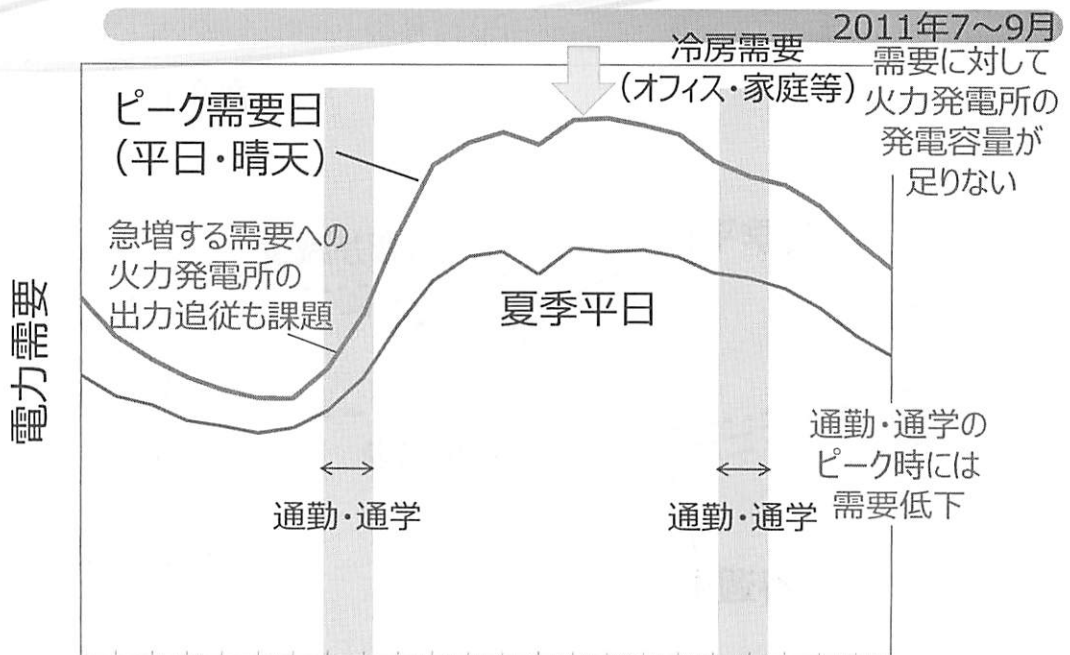
背景：夏はどうなるか？

2011年7~9月



※グラフはイメージです
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23
時間

背景：夏の需要ピーク日はどうなるか？



※グラフはイメージです
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23
時間

背景：電力需要のまとめ

- 電力供給のポイントは以下の3点
 - ・一日の最大需要の供給力 (kW) ※kWh (キロワット・時) ではない
 - ・需要の増加に対する発電所の追従性
 - ※夜間停止していた火力発電を午前中に立ち上げるが
即座には100%で出力できない
 - ・当面は夏の需要の対策が重要だがその半年後に冬の需要対策が必要
- 季節ごとの電力需要は以下
 - ・冬型需要は暖房需要が夕方～夜に出る (通勤は困る)
 - ・春は冬と比べて需要が低い
 - ・夏は13～16時が出力ピーク (通勤・通学はさほど困らない)
 - ・季節によらず休日は電力需要が少ない
 - ・夏のピーク需要日は平日・晴天で夏の「平均」より極端に需要が大きい
 - ・このような議論ができるデータ公開が進んでいない

11

発表内容

- 理念・背景
- 電力不足に対する各提案の概要と定量概算根拠

電力供給力の増強 (365-390万kW) 太陽光発電、蓄電技術、その他分散電源 防災用自家発電装置
--

 - 電力需要の削減 (257-330万kW)
 - 機器による電力需要の削減 (冷蔵庫、照明、エアコン)
 - 行動・ライフスタイルの変化
 - (自販機、パソコン、電車、待機電力、テレビ視聴の停止)
 - 電力需要の時空間的シフト (595-715万kW)
 - 休日のシフト、勤務時間のシフト、シエスタ・在宅勤務の推奨
 - サーバー類移設、居住地変更、国内・海外留学等促進、
 - 他地域への観光誘導
- まとめ

12

電力供給の増強：太陽光発電

【直接効果】

- 災害時のライフラインとしても重要な役割
- 晴天・昼間に発電するためピーク需要の削減

【増強ポテンシャル】

昨夏以降の東電管内既設量20-25万kW、従来実績から夏までに30-50万kWの新設は可能

副次効果：

太陽光発電と合わせて電力モニタも導入することになり、家庭内の電力消費量が見える化されることによる節電効果も大きい

太陽電池の設置が間に合わなくとも、電力モニタのみを設置することも有効

既設太陽光発電のメンテナンスによる出力増強（お掃除、PVResQ!など）も有効

課題：

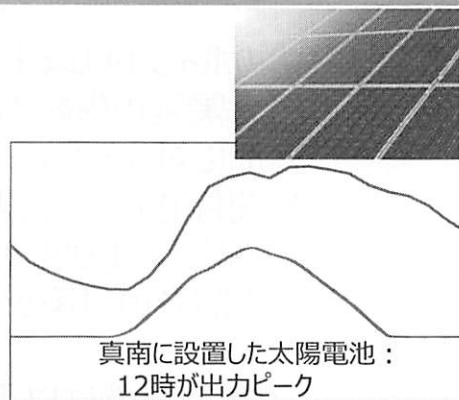
周辺機器（パワコン等）の確保、設置人員の確保、丁寧な施工の保証、原料シリコンの投機的価格上昇、発電のピークと電力需要ピークのずれ 管外の代理店の営業

施策：

関東・東北への優先設置、従来の支援制度の継続と手続きの簡素化、海外メーカーからの無償・格安提供（被災地域向け）の呼びかけ

*http://www.jpea.gr.jp/pdf/qlg_cy.pdf

13



真南に設置した太陽電池：
12時が出力ピーク

電力供給の増強：蓄電技術

【直接効果】

- 災害時においても重要な役割
- 供給余力のある時間帯の電力を用いたピーク需要の削減

【増強ポテンシャル】

蓄電池としてはナトリウム・硫黄電池のみが大規模生産中。生産容量（15万kW/年*、増強中）と現在の余剰在庫から夏までに新たに5万kW設置が最大と概算

副次効果：

太陽電池・風力発電など負荷変動の大きな再生可能エネルギー導入の促進
火力発電等の起動停止にともなう効率低下の緩和

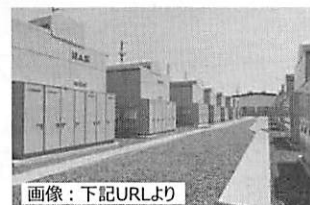
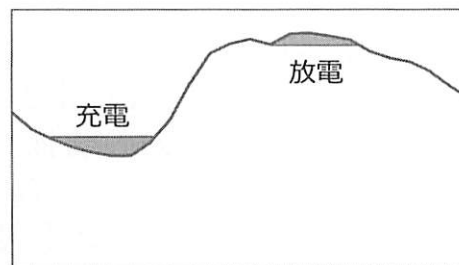
課題：

国内1企業の受注生産に近い状態

施策：

関東・東北への優先設置、導入支援制度と手続きの簡素化、受注済み企業の理解（保障等？）
将来のプラグインハイブリッド大規模普及も視野にいれた制度作り

*<http://www.ngk.co.jp/news/2008/0728.html>
<http://d.hatena.ne.jp/amt/20100519/NasDenchi>



画像：下記URLより

14

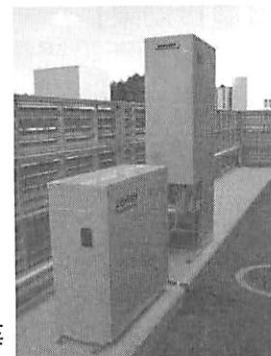
電力供給の増強：エネファーム・その他分散電源

【直接効果】

- 災害時のエネルギー供給の複数化（現状未対応）
- △夏季のコジェネレーションは給湯需要が低く、稼働率が低い

【増強ポテンシャル】

既設・新設分散電源を平日・晴天の午後に限定して電力が最大出力となるよう運用（通常は給湯需要に合わせて稼働）
エネファームは最大数千kW。新設設備としては、エネファーム、ガスエンジン・タービンに加えて、リン酸形燃料電池（数十kW～）も有効。火力ベースのコジェネレーションの容量が大きい*が、IPP等との切り分けが不明のため試算には含めず。



副次効果：

電力使用量の見える化による節電効果。

*電力調査統計（資源エネルギー庁）

課題：

余ったお湯の利用方法
電力ピーク削減のための運用モードの実施と実施の際の非経済性

施策：

電力ピーク時間帯に電力供給が可能となるような運用モードの構築
全量買い取り制度特例の制定 非経済性の補償

15

電力供給の増強：風力発電

【直接効果】

- 災害時のライフラインとしても重要な役割
- △風が弱く暑い時の電力供給への貢献

【増強ポテンシャル】

風力発電所は、比較的短期間に建設可能であるが、電力会社への逆潮流ができないことから供給量に上限が存在する。2012年度から全量買い取り制度が開始されることが閣議決定済みであるが、それに向けて積極建設を控えているのが現状。その分を加速することで10万kW程度の供給力増強が可能と予測される。

副次効果：

課題：

騒音、生態影響、設置場所

施策：

全量買い取り制度の前倒し
逆潮流の設備導入の支援



16

電力供給の増強：防災用自家発電装置

【直接効果】

- 設備新設経費・時間が不要
- △本当の「災害」が夏に来た時の余力の低下
 - ※ただし夏の計画停電が続けば開院する病院等は同様の措置が必要

【増強ポテンシャル】

非常用電源の国内新設数～90万kW/年、寿命10年と仮定すると900万kW。関東地区がおおよそ1/3と仮定すると300万kWが利用可能と概算

(精査の余地あり) ※逆潮流させない限りは、建物内の節電方策との重複が存在

副次効果：

多くのプレイヤーの「協力」の意識

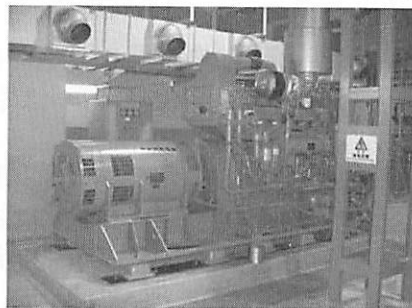
課題：

数日分の備蓄の安定供給の確保

※連続する平日の13時～16時のみ稼働させるとすると、15時間/週、0.6日分/週の備蓄燃料を供給

施策：

法制度の改正、「安全・安心な」運用指針の策定



<http://www.city.itami.lg.jp/home/TOSHIKIBAN/SUISEI/0002095/0002104/0002115.html>

役所、図書館、美術館、ポンプ場、消防署、病院、警察、大使館、浄水場、大学、防災無線、ホテル、トンネル、動物園、百貨店、新聞社、通信、健康センター、倉庫、銀行、事務所、気象台、老人ホーム、マンション、etc.

17

発表内容

○理念・背景

○電力不足に対する各提案の概要と定量概算根拠

電力供給力の増強 (365-390万kW)

太陽光発電、蓄電技術、その他分散電源

防災用自家発電装置

電力需要の削減 (257-330万kW)

機器による電力需要の削減 (冷蔵庫、照明、エアコン)

行動・ライフスタイルの変化

(自販機、パソコン、電車、待機電力、テレビ視聴の停止)

電力需要の時空間的シフト (595-715万kW)

休日のシフト、勤務時間のシフト、シエスタ・在宅勤務の推奨

サーバー類移設、居住地変更、国内・海外留学等促進、

他地域への観光誘導

○まとめ

18

電力需要の削減：機器による電力需要の削減

(A) 冷蔵庫（買い替え促進、節電協力）

【直接効果】

- 電力需要の削減
- 電気代の低減

【削減ポテンシャル】

旧式（100W）を最新式（30W）に置き換えると70W削減可能。ピーク時間帯は冷蔵を弱にする、冷蔵庫が複数台ある家庭は1つをピーク時間帯に停止、長期帰省の世帯は庫内を空にし、電源を切るなどの努力と合わせ、平均で各世帯30Wの削減とすると東電管内で60万kWの削減と概算 小売店の冷蔵・冷凍コーナーの更新やカバー設置もさらなる削減効果

お店では……

「年間の電力消費」

450kWh→51W

250kWh→28W



副次効果：

買い替えに伴う大容量化でさらに省電力化
空調負荷の低減

課題：

買い替えに伴う支出（5～15万円）

施策：

家庭だけでなくオフィス・公的機関も含めた買い替え促進



19

電力需要の削減：機器による電力需要の削減

(B) 照明（買い替え促進、消灯）

【直接効果】

- 電力需要の削減
- 電気代の低減

【削減ポテンシャル】

年間の照明需要935億kWh/年を東電管内で平均すると約360万kW、うち5%改善とすると18万kW削減可能

対象は家庭・オフィスのみでなくアパート・マンションの共用部や工場・信号

白熱電球・クリプトン球⇒LED電球・電球型蛍光灯へ 水銀灯を高効率電灯へ

晴天の午後がピーク時間帯であることから消灯協力も加え、

25%の改善協力で90万kW

副次効果：

空調負荷の低減

蛍光灯

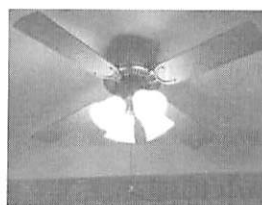
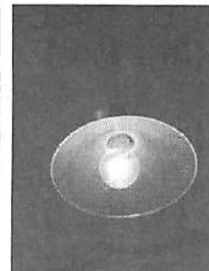
LED

課題：

買い替えに伴う支出（数百円～数千円）

施策：

家庭だけを対象としないオフィス・公的機関も含めた買い替え促進の仕組み



白熱電球 240W
購入～400円
電気代～12,600円/年
電球型蛍光灯 52W
購入～2800円
電気代～2,800円/年
LED電球 28W
購入～8000円
電気代～1,500円/年
(1日6時間使用と仮定)

20

電力需要の削減：機器による電力需要の削減

(C) エアコン（買い替え促進、フィルタ掃除、節電）

【直接効果】

- 電力需要の削減
- 電気代の低減

26℃、27℃設定の方は
28℃設定へ！
(特に電気のエアコンの場合)

【削減ポテンシャル】

夏のピーク時間帯の空調負荷は東電管内で500～1000万kW 買い替え、フィルタ清掃、クールビズで設定温度を1℃高く、等の努力により10%改善したと

すると50-100万kWの削減。大規模な買い替えや、少人数の個室の空調をやめて皆で共通の居間で過ごすなどの留意、他の節電策による空調負荷削減により、大きな削減効果 空調以外の24時間換気用のフィルタ清掃も需要削減に有効

副次効果：

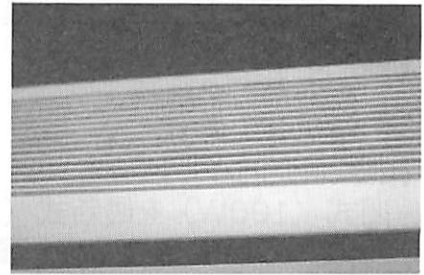
フィルタ清掃で空気がきれいに

課題：

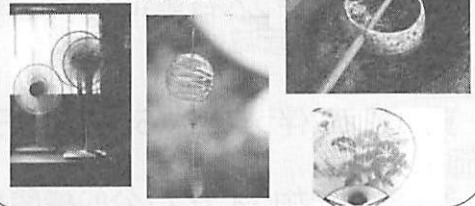
買い替えに伴う支出が大きい（7～15万円）

施策：

家庭だけを対象としないオフィス・公的機関も含めた買い替え促進の仕組み



レトロな「技術」も！



21

電力需要の削減：機器による電力需要の削減

(D) 電気ヒートポンプのガス化（オフィス・家庭）

【直接効果】

- 電力需要の削減

【削減ポテンシャル】

ガスヒートポンプ（GHP）の導入実績（平均26万kW/年、02-05年）から、3か月で6.6万kW導入可能。ガスヒートポンプHPが90%電力削減ということから $EHP6.6万kW/0.1 = 66万kW$ 相当分を代替に相当仕様に対する負荷率を75%とすると、約40万kWの需要削減に相当

副次効果：

ガス使用量が増加

課題：

未普及のオフィスへの導入促進

設置費用

施策：

大型オフィスではない小規模商店等も含めた買い替え促進の仕組み



22

電力需要の削減：行動・ライフスタイルの変化

(A) 自動販売機の夏季期間またはピーク時間帯停止

【直接効果】

- ピーク電力需要の削減
- △飲料メーカーへの影響

【削減ポテンシャル】

現在、夏の13時～16時はエコ稼働中（17W）。東電管内約130万台から2万kW程度の削減。また、今夏の削減ニーズ（10-21時）の時間帯で考えると、全国の年間電力消費量66億4千万kWhから平均75.8万kWの電力消費、関東地区がおよそ1/3と仮定すると25万kWと概算

副次効果：

購入場所まで遠くなる、エレベータ等使用の頻度上昇可能性あり
会議室は冷房なしで死にそうな思いをし、建物内では自販機が通常稼働している、小売店にもものはないが、自販機は売り切れていないというおかしな優先順位に疑問を感じないで済む

課題：

他に飲料の入手が困難な地域が存在すれば、配慮が必要

施策：

飲料メーカー等への協力要請

自動販売機工業会から
ご教示いただき
修正しました



23

電力需要の削減：行動・ライフスタイルの変化

(B) オフィス・家庭のパソコン利用の工夫

【直接効果】

- ピーク電力需要の削減
- ×業務効率の低下

【削減ポテンシャル】

稼働停止できるパソコンの停止（ノートPCを持っている方はバッテリー稼働）。デスクトップパソコン・液晶ディスプレイを150Wと仮定し、100万人が協力した場合15万kWと概算（東電管内4000万人、パソコン使用は何人？） 200万人の協力なら30万kW

副次効果：

空調負荷の低減
ディスプレイ従事者の目や肩の緊張緩和の時間帯
直接顔を突き合わせてのコミュニケーションの増加

課題：

ノートPCがない方の場合3時間の間何をやるか？
（GHP空調の会議室での会議等は有効、長時間昼休みとの組み合わせも効果的）

施策：

行動呼びかけ 新規導入時における省電力パソコン・ノートパソコン導入の推奨



24

電力需要の削減：行動・ライフスタイルの変化

(C) 電力ピーク時の電車の間引き運行

【直接効果】

○ピーク電力需要の削減

△乗車率の向上

【削減ポテンシャル】

3月の計画停電時、JR東日本単独で約20万kWの電力融通を行った実績がある

電車本数の間引き、弱冷房、トンネル等を除く個所での車内照明減灯、駅ビルの省エネ、

エスカレーターの稼働停止などにより同様に20万kW程度の電力需要削減が見込まれる

副次効果：

課題：

通勤への影響は少ないが、夏休み期間外は学生の帰宅時間時との重複がある

施策：

混乱のない計画的運行の立案



25

電力需要の削減：行動・ライフスタイルの変化

(D) 待機電力の削減

【直接効果】

○電力需要の削減

×すぐに利用できる利便性の低下

【削減ポテンシャル】

DVD・ブルーレイレコーダーの起動時間を速くする

待機モードは10~20Wである。削減量・協力率を

考慮した平均の削減量を10W/世帯とし、レコーダー

の世帯普及率を40%とすると東電管内で8万kWの削減が可能

その他の待機電力削減と合わせて、少なく見積もっても10万kW程度の削減が可能

副次効果：

空調負荷の低減

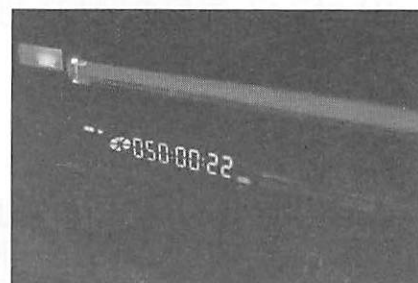
課題：

手間が面倒である、設定の仕方がわかりにくい

施策：

忘れないようにするためのうまい仕組み

朝の番組で、~を切ってでかけましょう！と呼びかけるなど



26

電力需要の削減：行動・ライフスタイルの変化

(E) テレビ視聴の停止

【直接効果】

○ピーク電力需要の削減

【削減ポテンシャル】

テレビの消費電力は100W程度で、通常の平日昼間でもおよそ5人に2人が視聴している。電力ピーク時にテレビ各局で、「テレビを消すことで節電に協力できます」等のテロップを表示し、節電を呼び掛け、視聴中の2人のうち1人が協力することで最大40万kWの需要削減が可能と概算される。ワンセグで番組を視聴したり消画モードで音声のみ聞く（消費電力半減）ことも有効な対策である

副次効果：

空調負荷の低減

課題：

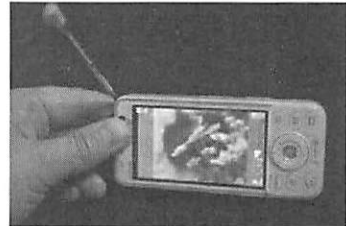
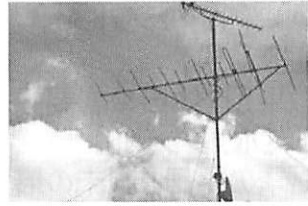
「たばこは健康を害します」の記述のように協力が得られるか
その間何をして過ごすのか

メディアの役割の担保

施策：

メディア各局の理解促進

例：ながら見は消す！
母校の甲子園は応援！



27

発表内容

○理念・背景

○電力不足に対する各提案の概要と定量概算根拠

電力供給力の増強（365-390万kW）

太陽光発電、蓄電技術、その他分散電源

防災用自家発電装置

電力需要の削減（257-330万kW）

機器による電力需要の削減（冷蔵庫、照明、エアコン）

行動・ライフスタイルの変化

（自販機、パソコン、電車、待機電力、テレビ視聴の停止）

電力需要の時空間的シフト（595-715万kW）

休日のシフト、勤務時間のシフト、シエスタ・在宅勤務の推奨

サーバー類移設、居住地変更、国内・海外留学等促進、

他地域への観光誘導

○まとめ

28

電力需要の時空間シフト：時間的シフト

(A) 休日のシフト

【直接効果】

○平日・休日の需要平準化によるピーク削減

【削減ポテンシャル】

夏季の平日と週末の最大需要の差はおよそ1000万kW程度であり、電力需要が理想的に均等化されたとすると約270万kWのピーク需要削減につながる。

副次効果：

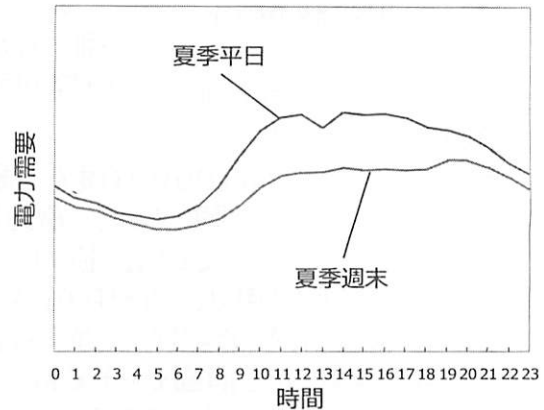
休日の分散による大混雑の分散

課題：

家族内の休日のすれ違い（子の学校と親の会社、配偶者の会社間の違い）
（会社指定の）休日に出勤し少人数だが空調は使用する等 事務・経理系の混乱

施策：

休日シフトの奨励 家族やコミュニティの支援
長期休暇取得の奨励
暑気払い休暇など特別休暇の奨励（晴天の午後を休みに、雨の日は残業など）
「休日」出勤の抑制（やむを得ない場合でも午前のみにするなど）



29

電力需要の時空間シフト：時間的シフト

(B) 勤務時間のシフト

【直接効果】

○昼間・夜間の需要平準化によるピーク削減

【削減ポテンシャル】

最大需要日(6000万kW)の昼間は一人当たり1.5kW使用、夜間は半分とすると夜間勤務シフトは0.75kW/人のピーク需要削減、200万人の協力により150万kWのシフトが可能。大学の夜間講義・夜間実験等の協力も有効。

副次効果：

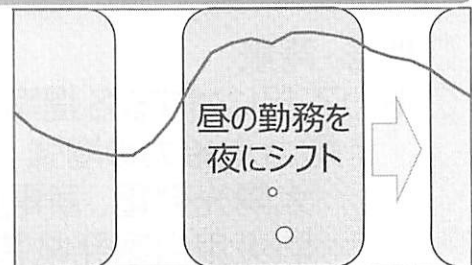
自宅待機などせず、働ける！（給料がもらえる）

課題：

対応可能な業種・人数の洗い出し（工場に加えて研究所等も有効）
家族内のすれ違い（子の学校と親の会社、配偶者の会社間の違い）
通勤手段 保育所等 生活騒音

施策：

深夜勤務手当の支援 家族やコミュニティの支援
夜勤対応困難者の代替業務従事支援
電車等公共交通機関の深夜（24時間）運行の検討が求められる。



夜勤の方も
エアコン・扇風機を
つけて寝ましょう

30

電力需要の時空間シフト：時間的シフト

(C) 昼休み長時間化・在宅勤務・フレックスタイム制の推奨

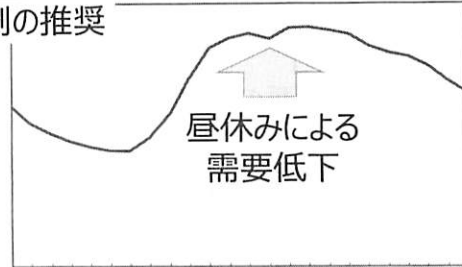
【直接効果】

○ピーク時間帯の活動シフトによるピーク削減

【削減ポテンシャル】

現在、12-13時の一斉昼休みを需要ピークに合わせて長時間取得（例えば13時～16時を昼休み、

シエスタを取る、14-15時にティータイム休憩を設定など）により、現在昼休みに見られる電力需要の削減と同様の100万kW程度の需要削減が可能と見込まれる。在宅勤務等時間裁量を増すこと、半休取得も有効。



副次効果：

「余暇」産業の活発化

課題：

対応可能な業種・人数の洗い出し（工場に加えて研究所等も有効）

家族内のすれ違い（子の学校と親の会社、配偶者の会社間の違い）通勤・保育等9-18時勤務が昼休み長時間化で例えば8-19時勤務等となる

施策：

長期昼休み中の過ごし方・過ごす場所の対応

長時間通勤者の対応

晴れの日の早退、雨・曇天時の残業促進など

31

電力需要の時空間シフト：空間的シフト

(A) サーバー類を西日本や北海道へ移設

【直接効果】

○電力需要の削減

【削減ポテンシャル】

ユーザーが意識しないデータサーバー等を東電・東北電力管内から他地域へ移設する。サーバー類の電力消費量は年間でおよそ70億kWhであり、4割が東電管内と仮定すると約10～30万kW程度の需要削減が可能と期待される。

（実施可能性の是非は要検討）

副次効果：

サーバー室の空調負荷の低減

サーバーの「分散化」の促進による災害対策

課題：

データセンターなど大容量電力使用が可能なスペースの確保

サーバー管理者の勤務地

施策：

誘導、移設促進

ハードウェア的ではなくソフトウェア的に実施する仕組み



32

電力需要の時空間シフト：空間的シフト

(B) 居住地変更

【直接効果】

○電力需要の削減

【削減ポテンシャル】

電力供給に不安のない地域への生産移行に伴って、労働者・勤務者も移動するが、その際、単身赴任ではなく、家族も一緒に移動することでより多くの人の移動が生じる。50万人が居住地を変更したとすると50万kW、100万人であれば最大100万kWの需要削減が見込まれる。(東電管内は4000-4400万人。100万人の移動は40人のクラスで1人が転校に相当)



副次効果：

不便・不安から解放された暮らし 家族と一緒に暮らせる幸せ

課題：

住み慣れた土地を離れる抵抗

施策：

居住地変更の促進

現在単身赴任の家庭も対象に入れた施策

33

電力需要の時空間シフト：空間的シフト

(C) 高等教育における国内・海外留学・インターンの促進

【直接効果】

○電力需要の削減

【削減ポテンシャル】

大学・大学院学生を中心に、被災地域の研究者・学生受け入れの動きがある。これを、関東地区の大学にも拡大し、7-9月の夏季期間、電力供給に余裕がある国内の他大学での研究交流や、海外留学、国内・海外企業でのインターンなどを積極奨励することで、東電管内の電力需要削減が可能。通常より10万人余分に移動した時、10万kWの需要削減と概算。授業の早期(6月)終了、夏季期間の長期帰省、被害地域へのボランティア等の奨励も有効。



副次効果：

海外・国内他機関、企業で過ごすことによる教育・研究に対するポジティブな効果

課題：

単位認定や経費

施策：

経済支援の拡充 他大学での単位認定の促進 休暇中の帰省の奨励

原発事故に伴い渡航を見合わせている留学生に対する他地域への来日の振り替え

34

電力需要の時空間シフト：空間的シフト

(D) 他地域への観光誘導

【直接効果】

○電力需要の削減

【削減ポテンシャル】

夏季における長期休暇の取得奨励、他地域への観光を誘導することで東電管内の需要削減につながる。定常的に5万人分の旅行者増があったとすると最大5万kWの需要削減が見込まれる。また、東電管内であっても、多電力消費型娯楽ではなく、少電力消費型の娯楽を推奨するなど有効。

副次効果：

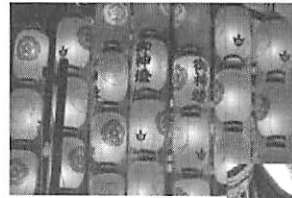
震災・原発ストレスからの一時的解放
地域振興など経済活性化

課題：

東電管内の観光地が閑散と・・・

施策：

観光誘導 暑い日に涼しい地域への観光を安くする
娯楽ごとの電力消費を明記し、少電力消費型娯楽施設へ誘導



35

発表内容

○理念・背景

○電力不足に対する各提案の概要と定量概算根拠

電力供給力の増強（365-390万kW）

太陽光発電、蓄電技術、その他分散電源

防災用自家発電装置

電力需要の削減（257-330万kW）

機器による電力需要の削減（冷蔵庫、照明、エアコン）

行動・ライフスタイルの変化

（自販機、パソコン、電車、待機電力、テレビ視聴の停止）

電力需要の時空間的シフト（595-715万kW）

休日のシフト、勤務時間のシフト、シエスタ・在宅勤務の推奨

サーバー類移設、居住地変更、国内・海外留学等促進、

他地域への観光誘導

○まとめ

36

まとめ

- 自分に協力できることを考えるきっかけに：家庭の5Wは最大10万kW（3万世帯超）
- 記載されていないことは「やらないでよい」わけではない
 - テレビゲームよりはポータブルゲーム、ポータブルゲームよりは川・山遊び
 - 不要・不急のエレベータの停止（待機電力200W）、エスカレータの停止
 - 鍋を用いてご飯をガス炊き
 - 洗濯や炊飯などはオフピークに etc. etc.
- 経済的インセンティブは慎重に（経済弱者の熱中症増加等を引き起こさないように）
- 日本全体で痛みを分かち合う覚悟を共有する仕掛け

37

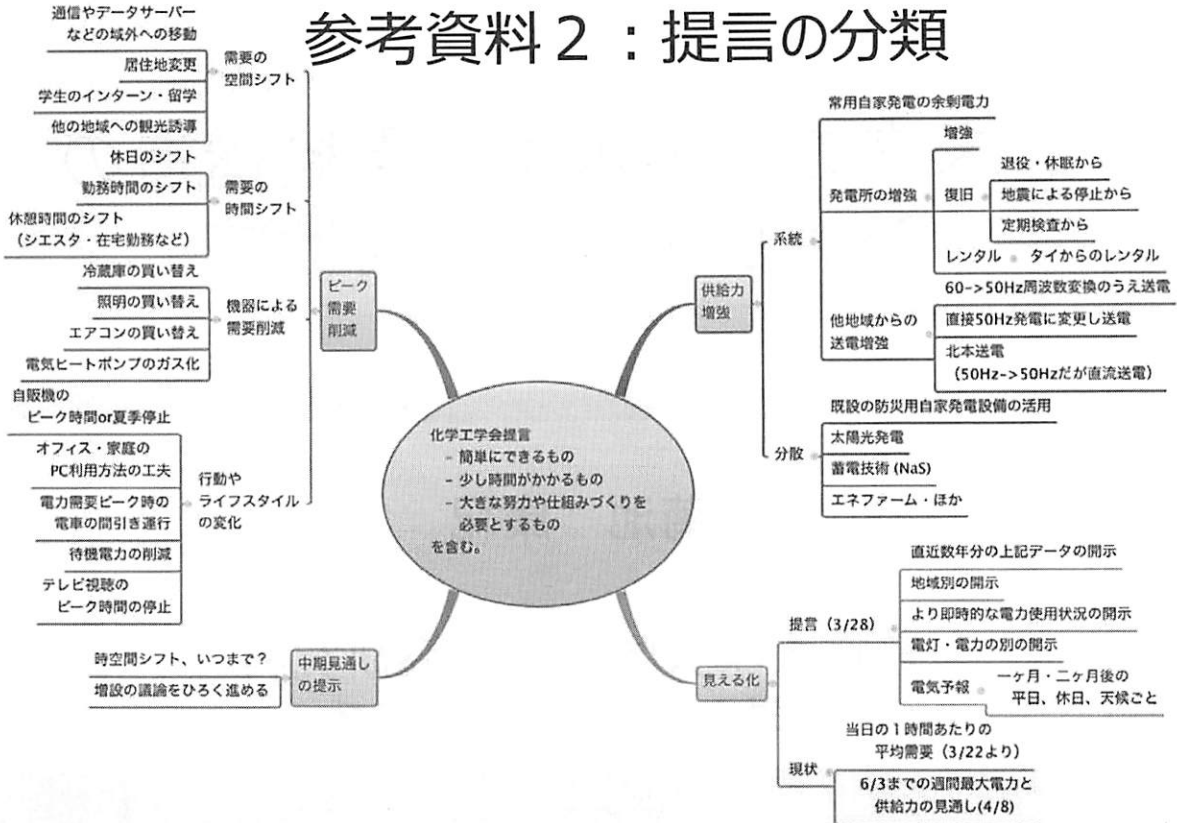
参考資料 1：その他対策案

化学工学会エネルギー部会、著書「実装可能なエネルギー技術で築く未来」著者へのアンケート結果およびWeb公開後のメールからの主要な建設的意見を紹介

- ・パチンコ停止（100-200W/台、東電管内約150万台⇒1/3停止で5-10万kW）
- ・電力料金や契約電力量の見直し
- ・石油石炭税の見直し
- ・機器の200V化
- ・窓への赤外線カットフィルム設置
- ・スーパー等の冷凍・冷蔵陳列棚にカバー設置
- ・不要不急の機器の停止
- ・サーバー等高効率機器の導入やクラウド化
- ・消灯・エコ冷房など省エネ行動
- ・ドイツのフィフティ・フィフティ制度の拡大導入
- ・契約・事務手続き等を簡素化する
- ・暑気払い特別休暇など午前のみ勤務の奨励
- ・「暑さ」を楽しむ
- ・省電力上工程を東日本で、電力多消費下工程を西日本でなど製造プロセス分業化
- ・夜間に冷凍した保冷剤を昼間冷蔵室に
- ・一部地域を50Hzから60Hzに

38

参考資料 2 : 提言の分類



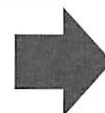
39

参考資料 3 : 国民の協力に必要な仕組み

単独的対処行動では
低減できない脅威



多くの人の集合的な
対処行動が必要



どうやって
促す？

脅威評価

(= 深刻さ認知 + 生起確率認知)

- ✓ 夏期の計画停電を深刻だと思うか
- ✓ 計画停電が起きる可能性が高いと思うか

個人評価

(= 実行能力認知 - 責任認知)

- ✓ 提示された対策を自分は実行できると思うか
- ✓ 計画停電が起きる原因は自分にある、回避策を実行する責任は自分にもあると思うか

対処評価

(= 効果性認知 - コスト認知)

- ✓ 提示された対策が有効だと思うか
- ✓ 対策を実行することが煩わしい・痛みを伴うと思うか

社会評価

(= 実行者割合認知 - 規範認知)

- ✓ 世間の人々がみな計画停電回避行動を実行していると思うか
- ✓ 提示された対策を実行したら周りが好意的に見てくれるか

集団的防護動機の形成要因について (深田・戸塚, 2001より作成) 40

近未来のエネルギー需給構造の シナリオ分析に向けて

菊池 康紀

東京大学大学院工学系研究科
化学システム工学専攻

シンポジウム:東日本大震災に伴う電力不足対策に関する緊急提言
—計画停電を最小限に食い止めるために—
2011年4月18日(月) 早稲田大学 井深ホール

発表内容

エネルギー需給シナリオ分析

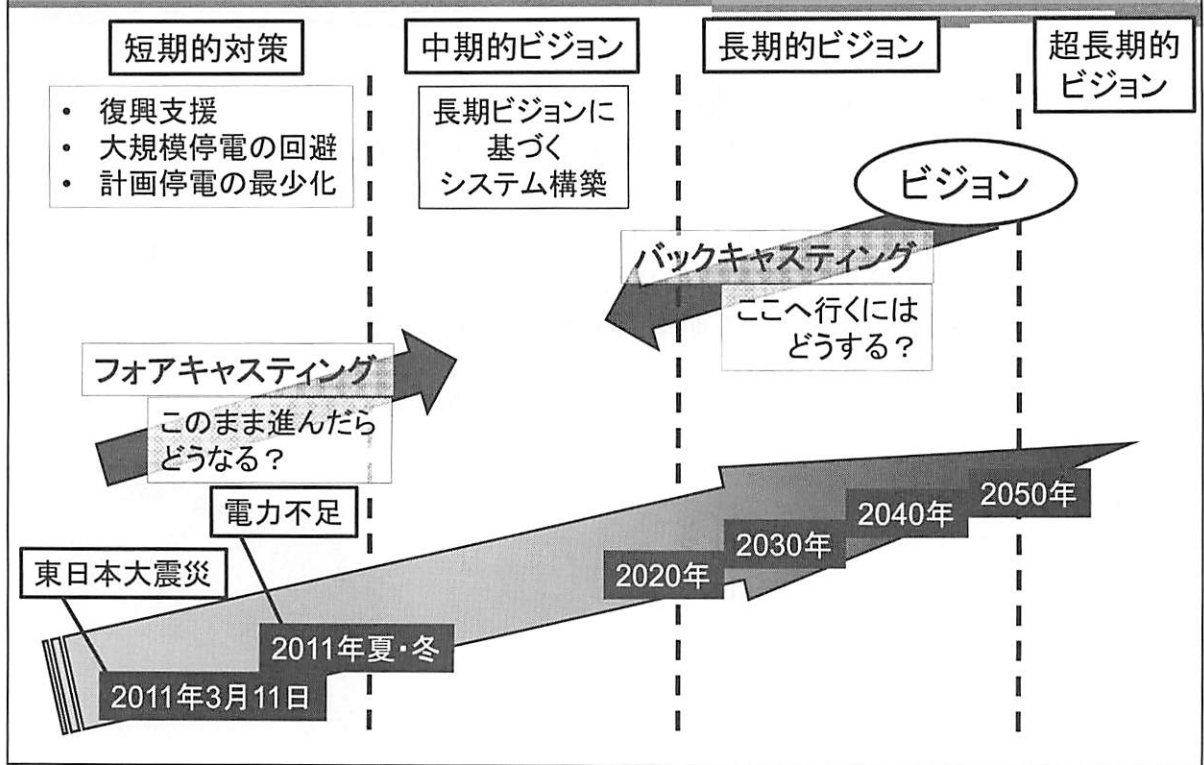
- ✓シナリオ分析とは?
- ✓エネルギー需給バランスモデルの構築

エネルギー需給モデルの構築に向けて

- ✓エネルギー変換
- ✓くらし(家庭・業務他)
- ✓ものづくり(産業)
- ✓輸送・移動(運輸)

エネルギー需給シナリオ分析に基づくシナリオ策定に向けて

近未来エネルギーシステムの構築



どうやってエネルギー問題を解決するか 例：電力

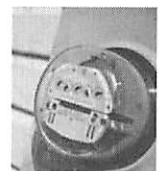
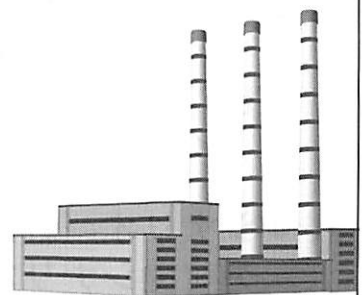
- 問題
- 停電はやめてほしい！
 - 安定して工場を動かしたい！

➢ 電力が足りないなら発電所を建てればよい！？
 ✓ 今ある発電技術で作れるだけ作る

数年で電力不足が解消するかもしれない。
 でもさらに数年経つと.....

- 発電効率が低い！
 - 建てられるだけ建てたため、最新鋭の発電技術になってない
- 燃料がたくさん必要！ 燃料が確保できないかも！
- 使う燃料の分だけ電気代が高くなる？！
- 建てた設備費の分でも電気代が高くなる？！

一度建てたら数十年は使い続ける！
 あとで後悔しても変更には時間が必要！



予測をしながら前に進む 例：電力

●どのように進む？

▶なるべく早く元の生活に！

- ✓古い火力の総動員、小型ガスタービンの新設 etc

▶より良い電力システムへ！

- ✓最新鋭の高効率発電所の建設
 - ・完成までは我慢して節電、時空間シフトの継続
- ✓分散電源、自然エネルギーの導入
- ✓需要と供給の団体競技として、新しい需給構造を構築

●どうなる？

- ✓電気代は？ 燃料代は？
- ✓必要な物やインフラは？
- ✓さらに数十年後はどこへいく？



シナリオ分析： 目標と経路

●シナリオ分析

- ✓ありうる未来を予測して、取るべき対策を検討する手法

●ビジョン（目標）

- ✓将来の特定の時点（対象期間の終点）において、対象（社会、エネルギーシステム、技術など）があるべき状態

●シナリオ（経路）

▶前提シナリオ

- ✓前提・境界条件

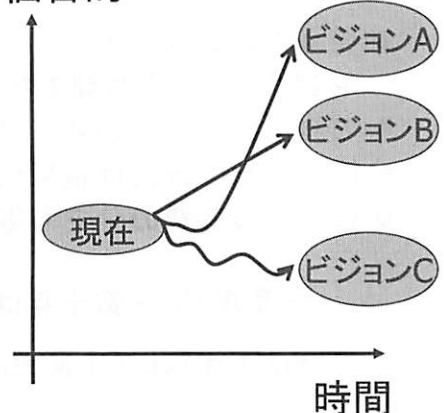
▶社会シナリオ

- ✓ビジョンにたどりつくまでに起こることが想定される時系列変化

▶シナリオ変数

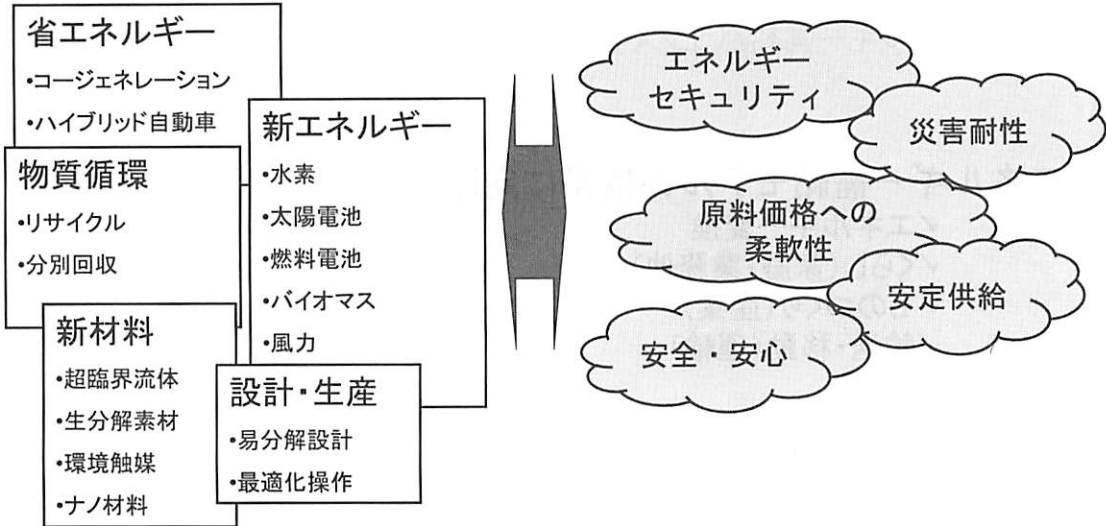
- ✓対象の状態に影響する具体的な条件
 - ・前提条件：原油価格、人口など
 - ・検討する対策：電源構成、技術導入率など

評価目的

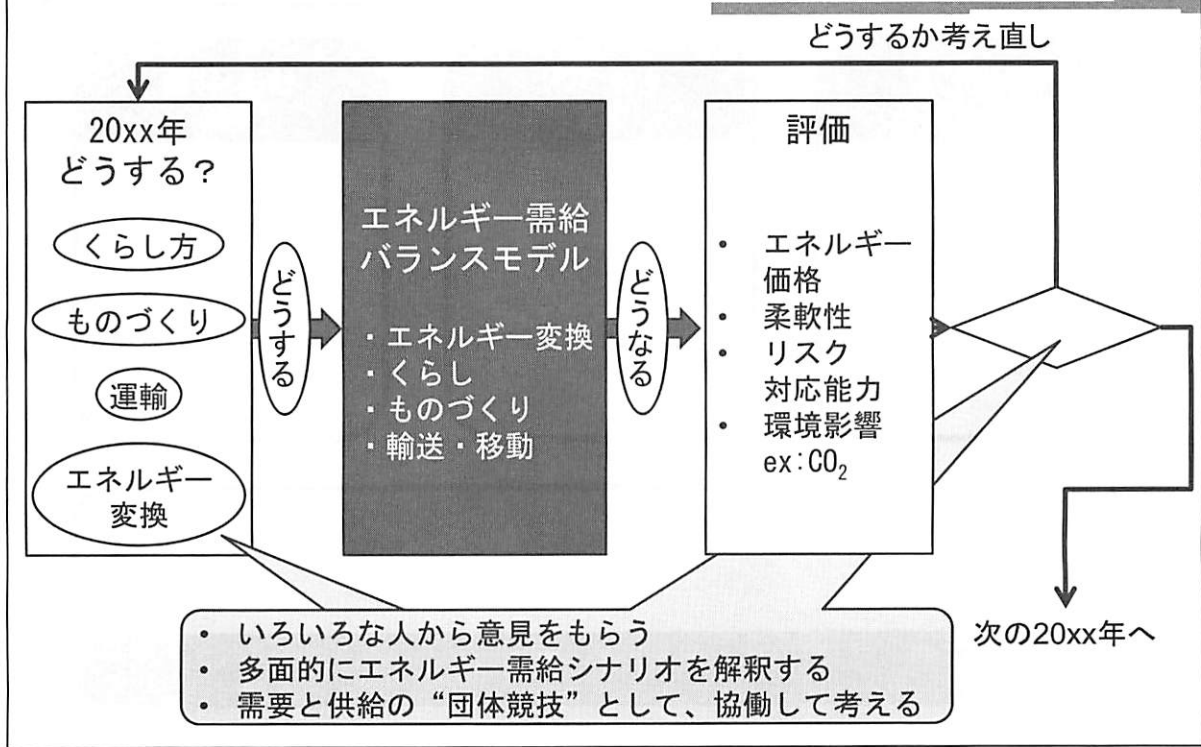


技術と社会

様々な技術 ← 関係を知る → 社会からの要求



未来を予測するモデルを作って考える



エネルギー需給シナリオ分析

- ✓シナリオ分析とは？
- ✓エネルギー需給バランスモデルの構築

エネルギー需給モデルの構築に向けて

- ✓エネルギー変換
- ✓くらし(家庭・業務他)
- ✓ものづくり(産業)
- ✓輸送・移動(運輸)

エネルギー需給シナリオ分析に基づくシナリオ策定に向けて

エネルギー需給モデル：構造

くらし
(家庭・業務他)

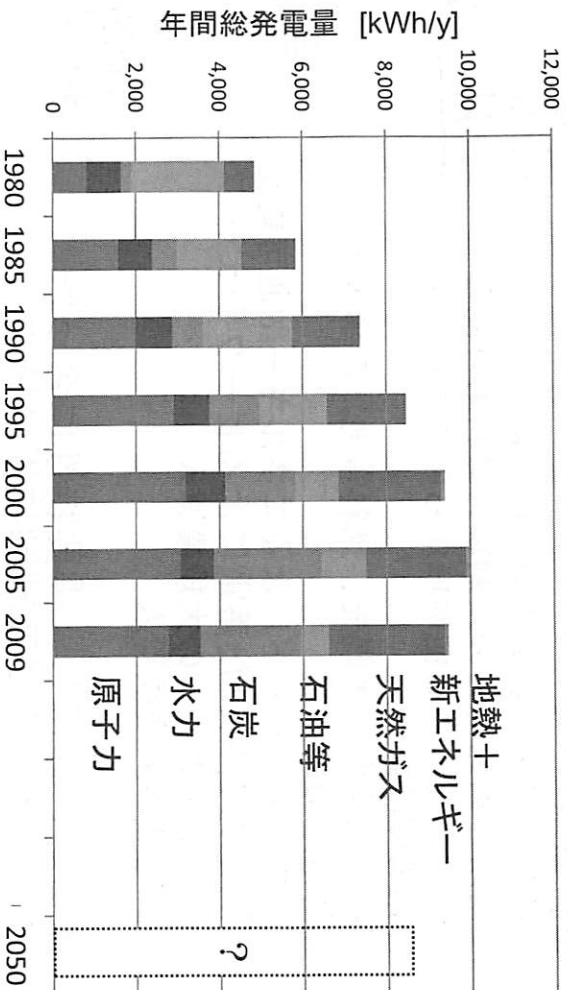
ものづくり
(産業)

輸送・移動
(運輸)

エネルギー変換

供給シナリオ： エネルギー変換・電源構成

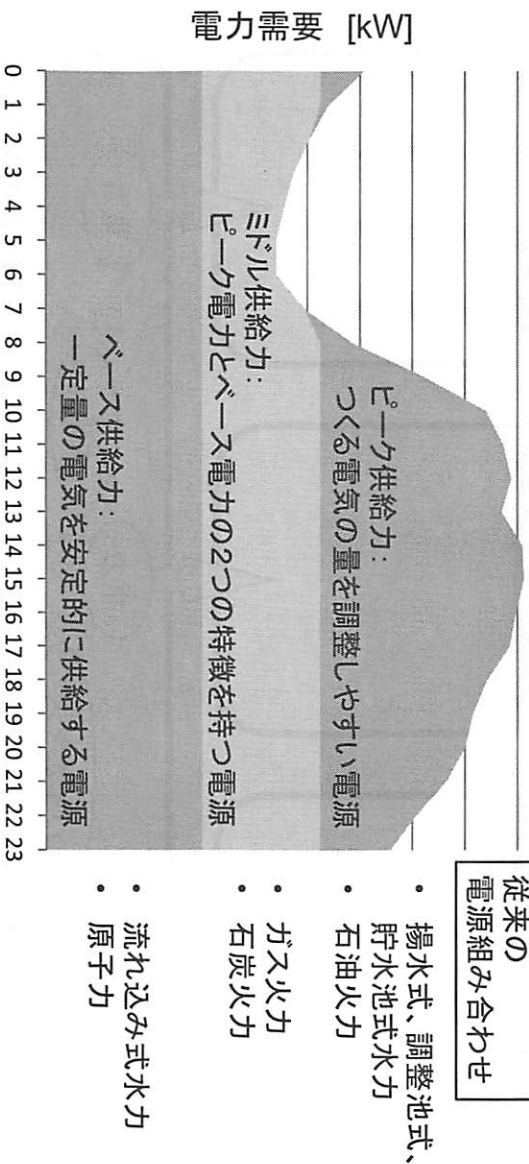
11



<http://www.fepec.or.jp/present/jigyou/japan/index.html>

供給シナリオ： エネルギー変換・需要特性と負荷追従性

12



* グラフは過去のデータに基づくイメージです

供給シナリオ：エネルギー変換

●電力供給における電源構成の計画

➤系統電源

- ✓発電所の種類と新設数・廃棄数
- ✓常用自家発電力の余剰電力の利用可能量
- ✓送電補強による他地域からの融通可能量

➤分散型電源

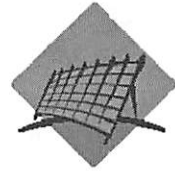
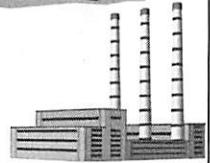
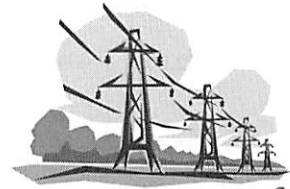
- ✓各分散電源（太陽光、燃料電池）の導入量
- ✓蓄電池の導入量
- ✓スマートグリッドによるエネルギー融通可能量

➤夜間電力を用いた蓄電によるピークシェーブ

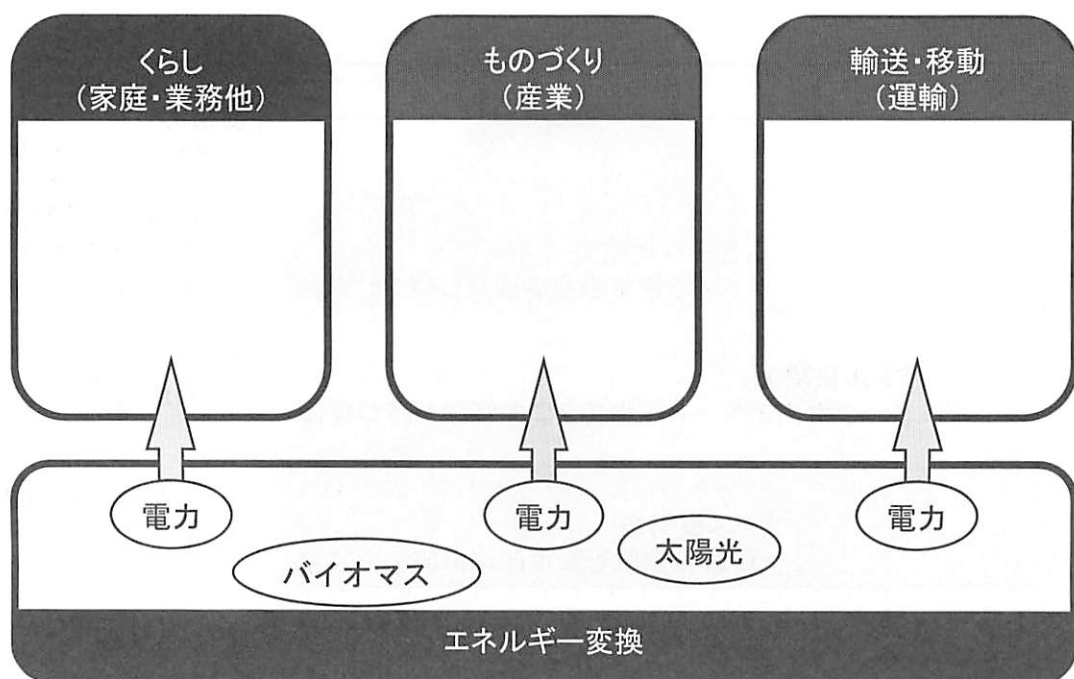
- ✓揚水式水力発電の大規模導入
- ✓蓄電池の大規模導入

●分散電源と連携し、需要特性に合った電力を供給する高度制御技術の確立

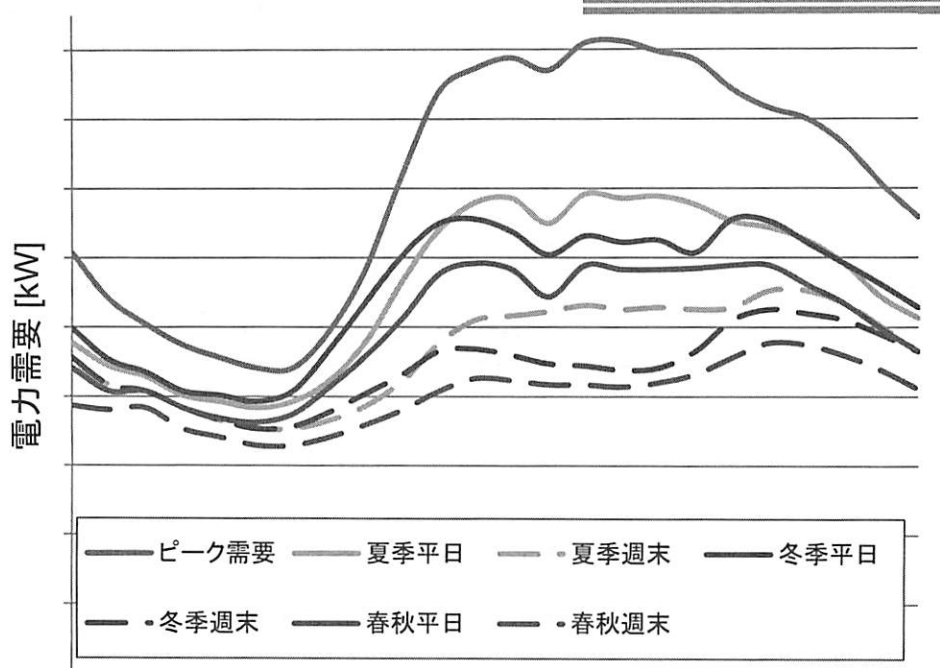
- ✓負荷追従性能



エネルギー需給モデル：構造

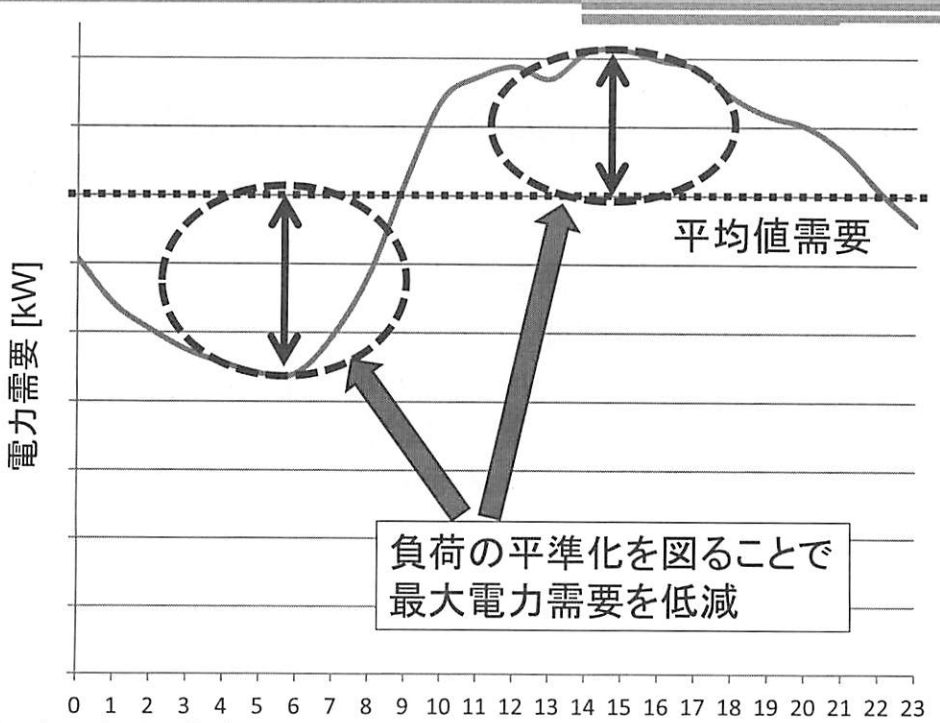


これまでの電力需要特性



* グラフは過去のデータに基づくイメージです

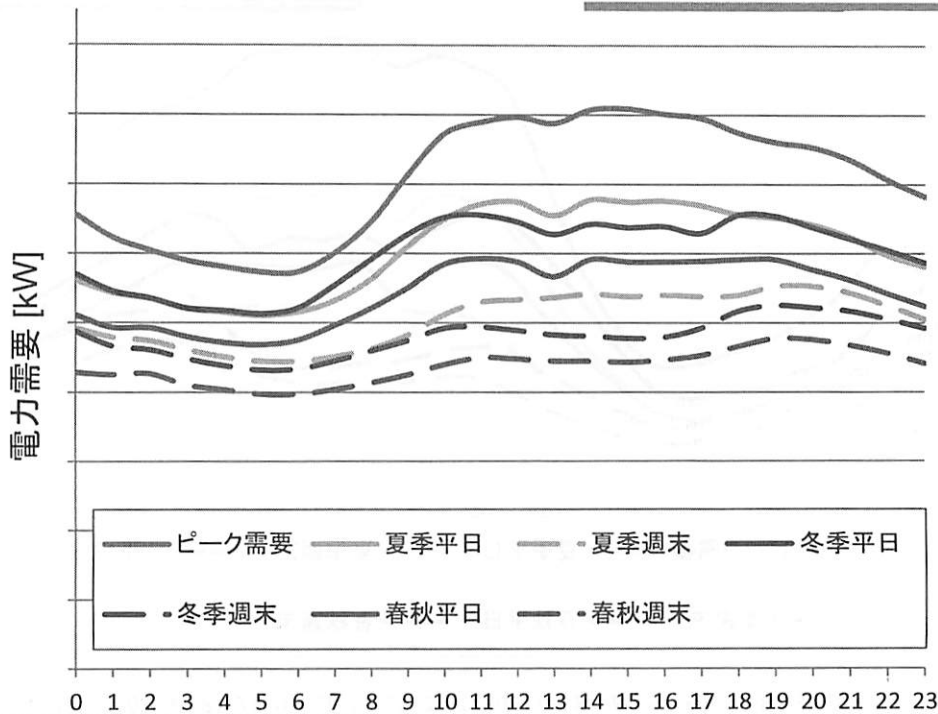
負荷平準化による最大需要の低減



* グラフは過去のデータに基づくイメージです

時間シフトによる負荷平準化 (2008年電力量に対して50%シフト)

17



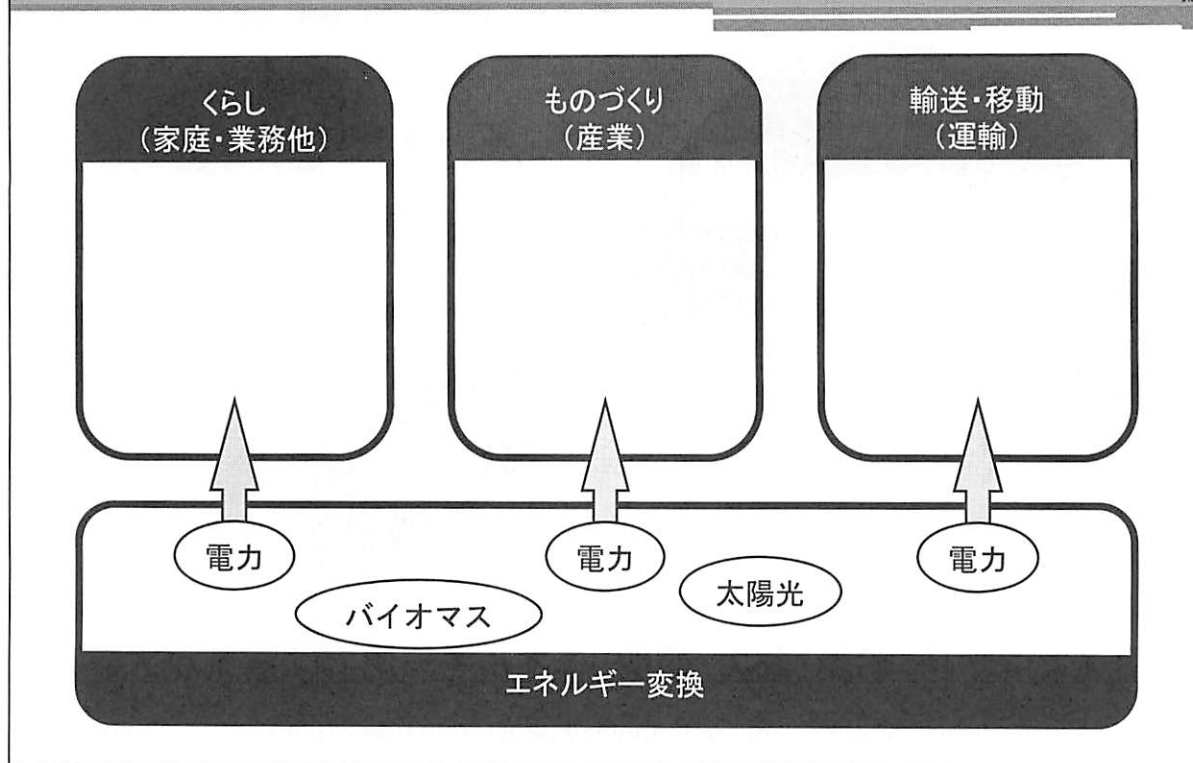
* グラフは過去のデータに基づくイメージです

需要シナリオ：需要特性の変化

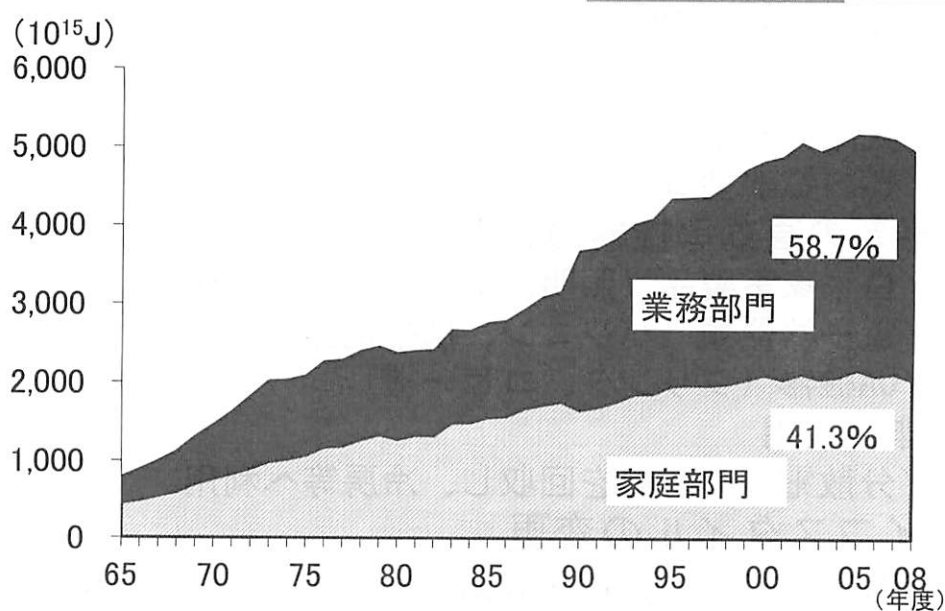
18

- 負荷平準化による電力供給能力の必要量の低減
 - ✓ 最大需要日であっても、一日中ピーク電力というわけではない
 - ✓ 夏季平日でも低い需要日もある
 - ✓ 今夏における時空間シフトを新しいライフスタイルとして取り込み継続できれば、低い電力供給能力でもエネルギー需給バランスをとることができる

エネルギー需給モデル：構造

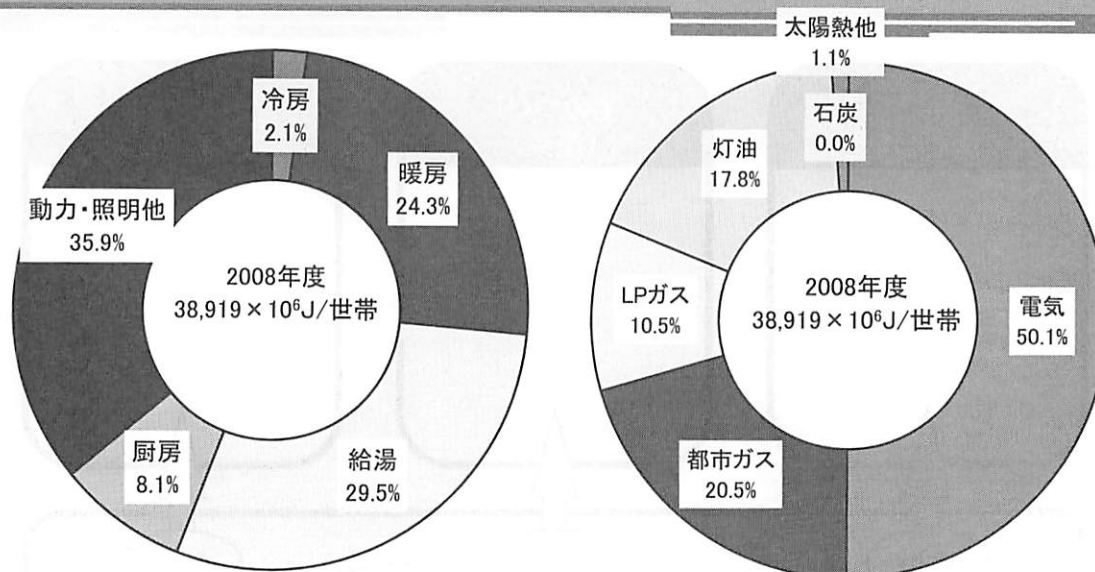


民生における電力消費量の増加傾向



<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2010energyhtml/2-1-2.html>

家庭における用途とエネルギー源



用途では暖房・給湯・動力・照明、エネルギー源では電気が大きい

<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2010energyhtml/2-1-2.html>

需要シナリオ：家庭・業務他

●機器の導入・置き換え

➤分散電源の導入

- ✓太陽光発電
- ✓燃料電池型コジェネレーションシステム

➤最新の高效率機器の導入

- ✓白物家電製品（照明、エアコン、冷蔵庫）
- ✓電子機器類（パソコン、携帯電話）
- ✓OA機器（プリンタ、コピー機）

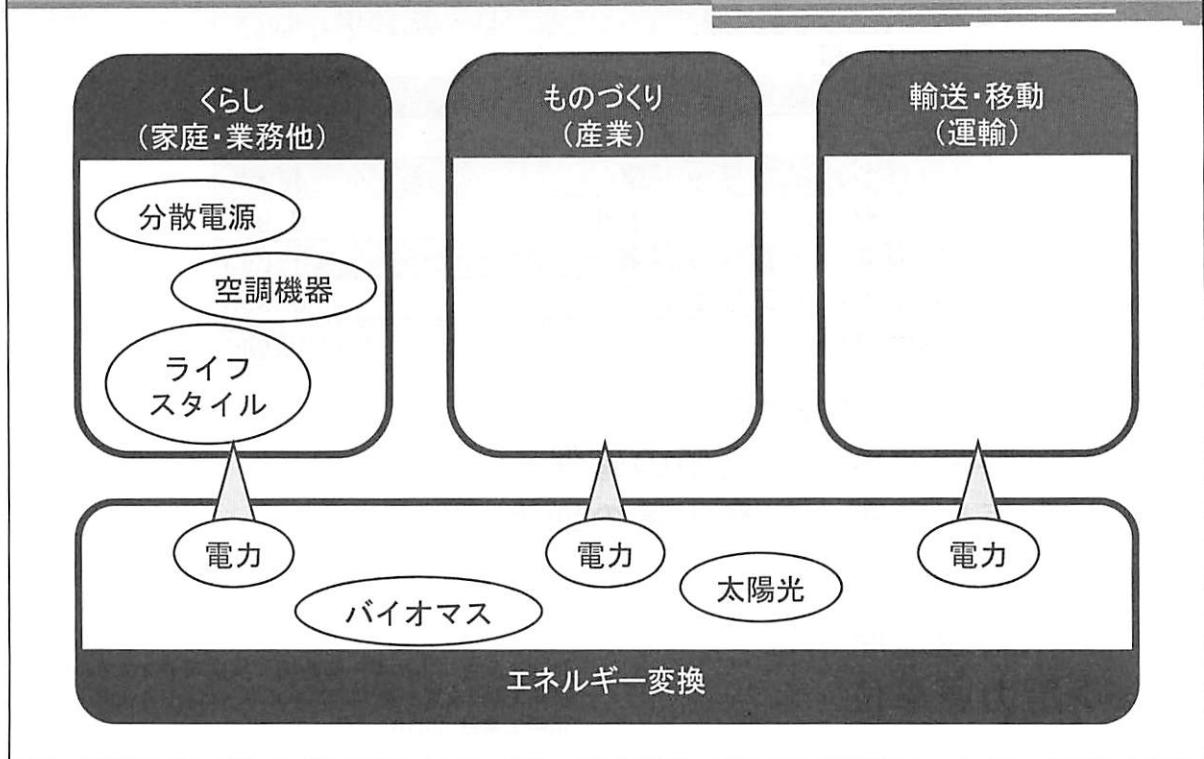
➤排熱利用

- ✓分散電源の排熱を回収し、冷房等へ利用

●ライフスタイルの変更

- 時空間シフトによる電力ピークシェービング
- 節電などによるエネルギー消費の削減

エネルギー需給モデル：構造



需要シナリオ：運輸（自動車）1

●自動車技術

- 新規技術の導入 * () は燃料
 - ✓従来の内燃エンジン車(ガソリン、軽油、LPG)
 - ✓ハイブリッド車(ガソリン、軽油、LPG)
 - ✓燃料電池ハイブリッド車(水素)
 - ✓電気自動車(電気)
- バイオエタノールの利用

需要シナリオ：運輸（自動車）2

	TtW 燃費 (MJ/km)
ガソリン車	2.1
ディーゼル車	1.695
天然ガス車	2.1
ガソリンハイブリッド車	1.475
ディーゼルハイブリッド車	0.945
天然ガスハイブリッド車	1.695
燃料電池ハイブリッド車	0.550
電気自動車	0.868

●燃料必要量の変化

- 燃料電池車：水素源の確保
- 電気自動車：総発電量の増大

●原単位から見たエネルギー消費の変化

- 水素製造原単位
- 電力原単位

化学工学会エネルギー部会編、『実装可能なエネルギー技術で築く未来－骨太のエネルギーロードマップ2－』、化学工業社、2010

需要シナリオ：その他運輸

●航空機、鉄道、船舶における省エネ技術導入

➢航空機

- ✓エネルギー消費削減率

機体の高性能化とジェットエンジンの効率向上による

➢鉄道

- ✓電化区間・エネルギー消費削減率

モータ・電力変換器の損失低減

- ✓非電化区間

ハイブリッド車や燃料電池車の導入

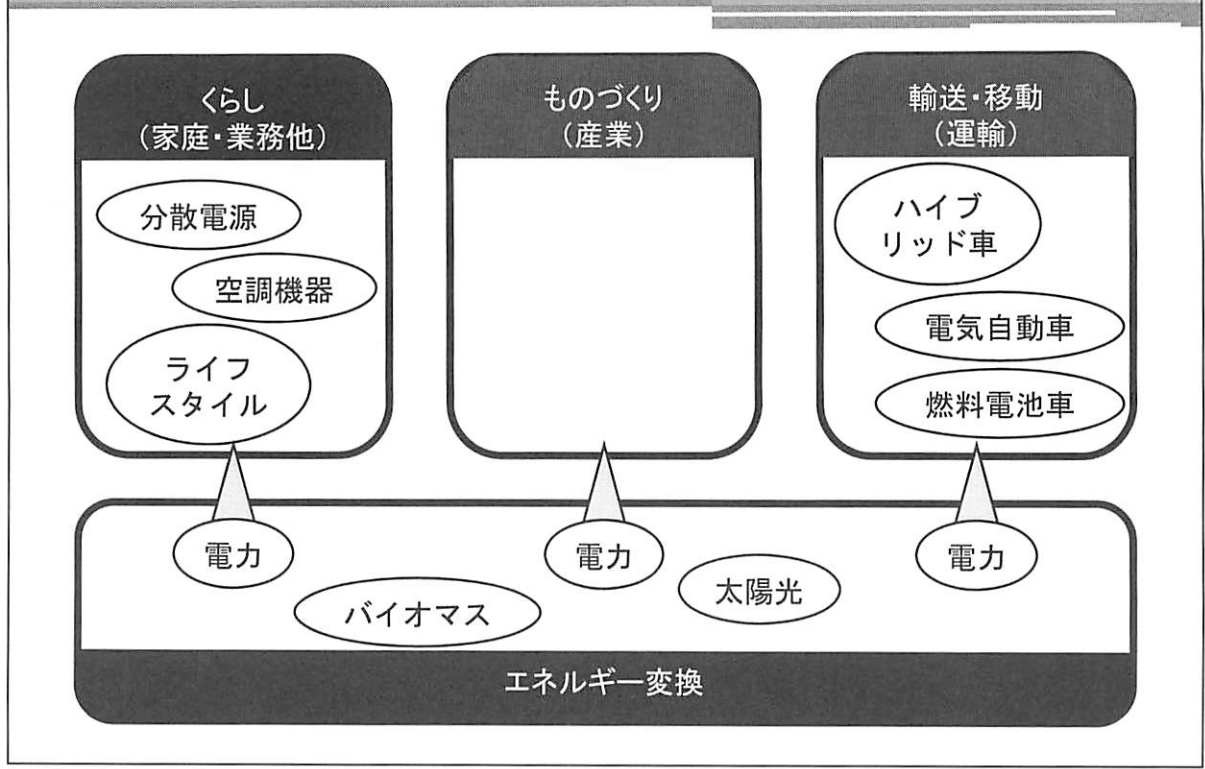
➢船舶

- ✓エネルギー消費削減率

船体の軽量化と形状の最適化、航行速度最適化 など

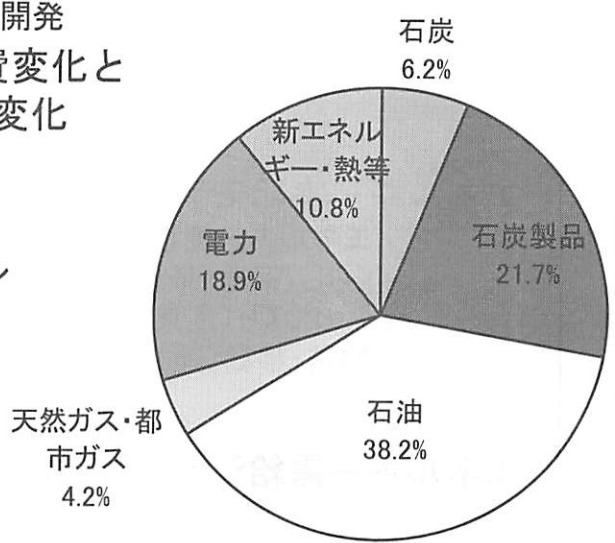
エネルギー総合工学研究所、分野別ロードマップ概要、
http://www.iae.or.jp/2100/02_RM-j.pdf

エネルギー需給モデル：構造



需要シナリオ：ものづくり

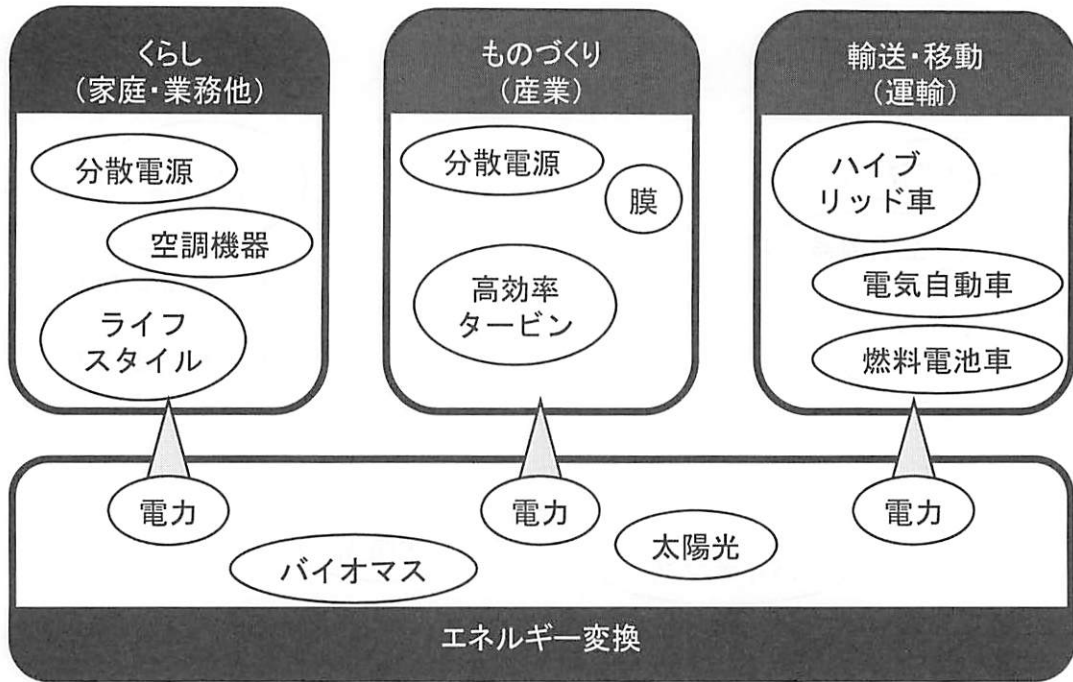
- 新規製品の製造
 - ✓ 分散型電源の供給力の増加
 - ✓ さらなる省エネ機器の設計と開発
 - 製造に伴うエネルギー消費変化とGHG等環境負荷物質の排出変化
 - 希少資源などの資源の消費量の変化
- 新規製品の回収・リサイクル
 - ✓ 分散型電源の回収・リサイクルシステム
 - ✓ 新規技術による自動車の回収・リサイクルシステム
 - ✓ 希少資源のリサイクル
- 設備の高効率化



2008年度 消費合計: 5,822(PJ)
<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2010energyhtml/2-1-2.html>

エネルギー需給モデル： 構造

29



発表内容

30

エネルギー需給シナリオ分析

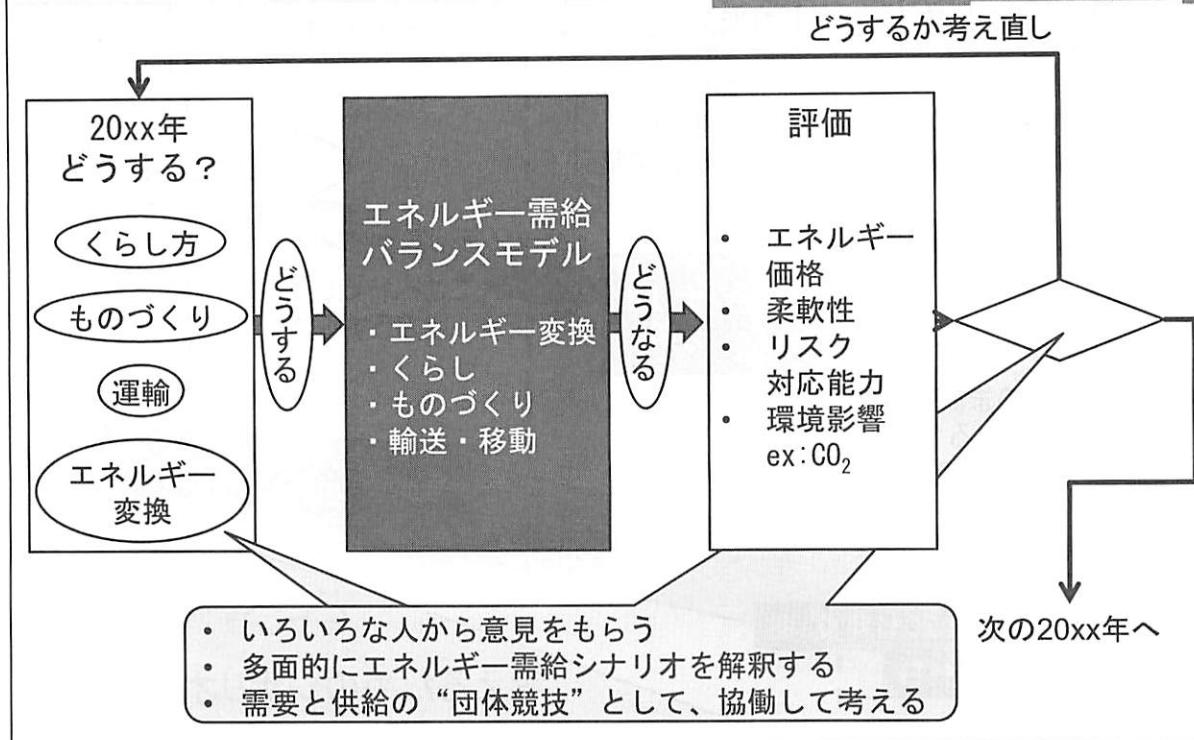
- ✓シナリオ分析とは？
- ✓エネルギー需給バランスモデルの構築

エネルギー需給モデルの構築に向けて

- ✓エネルギー変換
- ✓暮らし(家庭・業務他)
- ✓ものづくり(産業)
- ✓輸送・移動(運輸)

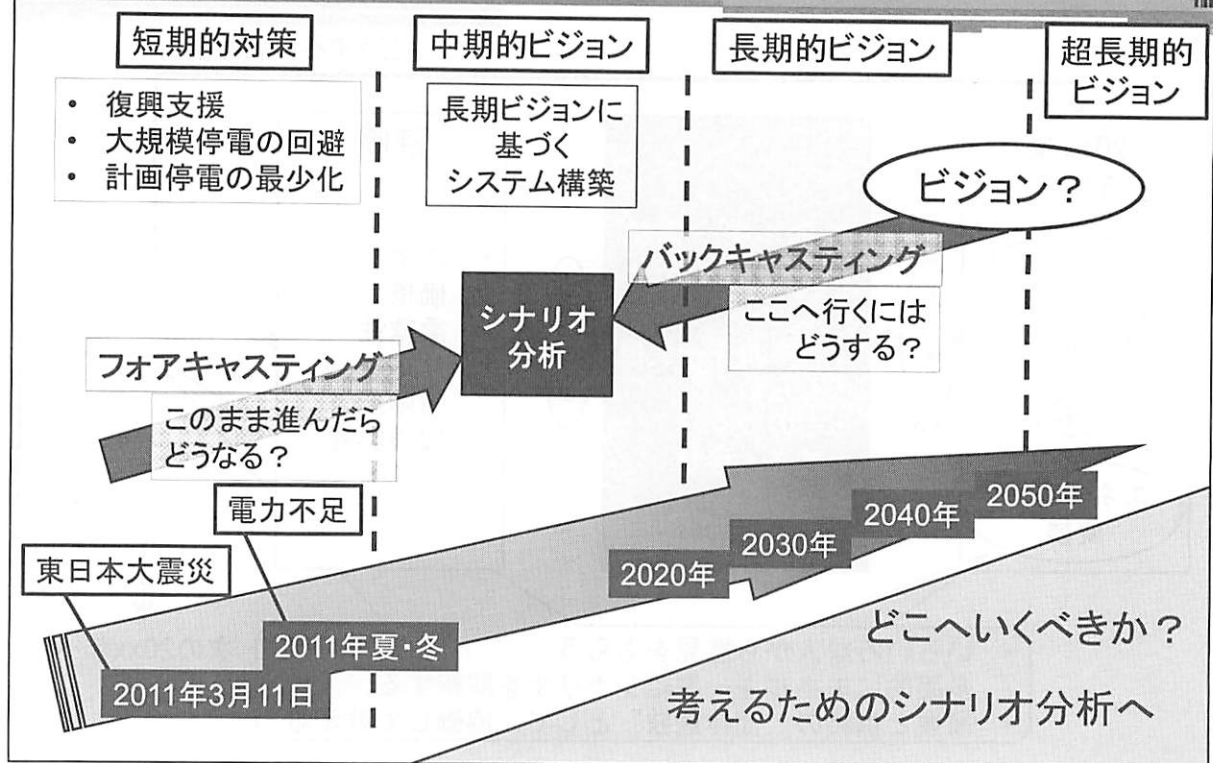
エネルギー需給シナリオ分析に基づくシナリオ策定に向けて

未来を予測するモデルを作って考える



シナリオ分析結果の解釈

- 電力価格
 - 現実的な値として許容できるか
 - ✓許容可能な範囲を設定して解釈
- 燃料消費量
 - 日本への原油、LNG輸入量として実現可能か
 - ✓供給安定性、持続性も含めた解釈
- ライフスタイル
 - 実践可能なライフスタイルか
- 環境影響
 - 日本からのCO₂排出量は国際的に許容できるか
 - ✓国内外のCO₂排出量の増減とともに解釈
 - その他の環境影響を引き起こしていないか



まとめ

近未来のエネルギー需給構造の構築には

- 中長期を見据えたフォアキャスティング、バックキャスティングに基づくシナリオ分析が必須
 - 短期的に問題を解決するために非効率な設備を導入しすぎるとあとで様々なリスクを引き起こす
- エネルギー需給は需要と供給の団体競技
 - くらし・ものづくり・輸送・移動など需要側の変化もシナリオとして評価し、あるべき需要の状態を解析すべき
- エネルギー需給バランスモデルを構築して、様々な意見を取り込んだシナリオ分析が必須
- フォアキャスティングとバックキャスティングを繰り返し行いながら、中長期行動計画を立案

東日本大震災に伴う電力不足対策に関する緊急提言
—計画停電を最小限に食い止めるために—
2011年4月18日@早稲田大学国際会議場

エネルギー対策ロードマップの考え方

～エネルギー需給の構造転換への道筋・方法論を考える～

梶川裕矢

東京大学大学院工学系研究科総合研究機構
イノベーション政策研究センター

状況の整理



•電力供給力の減少

3.11の震災により福島第一(~470万kW)、福島第二(~440万kW)等の停止
→今夏の供給力は4600万kW程度にとどまる見通し

•夏季の電力ピーク

5400-6400万kW程度
→1000万kW程度の供給力不足

•計画停電

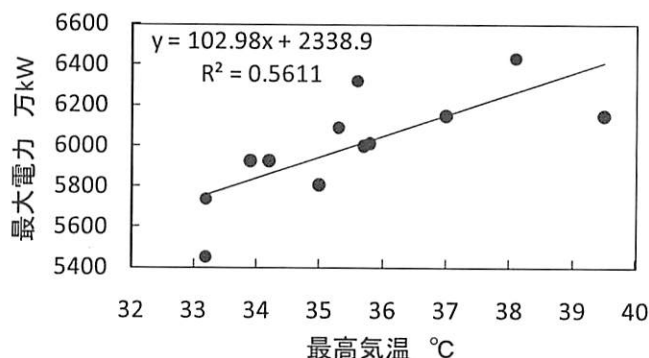
冬季:9時~11時、18時~20時
夏季:10時~12時、13時~17時

•懸念事項

地域社会・一般家庭への影響
経済活動の制約
長期にわたって不透明な見通し
企業の不必要な海外流出による雇用喪失・産業の空洞化

•今夏に向けて我々が取り得る道

何もしない、大規模計画停電、エネルギー需給対策による大規模計画停電の回避



計画停電を最小限に食い止めるために



電力供給力の増加

- 分散電源の導入・活用: 365-390万kW (例: 非常用電源、太陽光・蓄電・エネファーム等)
→365-390万kW

電力需要の削減

- 機器電力需要の削減: 170-220万kW (例: 冷蔵庫・照明・エアコン等)
- 行動・ライフスタイル変化: 87-110万kW (例: ピーク時の自販機・電子機器利用の停止等)
→257-330万kW

電力需要の時空間シフト

- 電力需要の時間的シフト: 520-570万kW (例: 休日・勤務時間・昼休みのシフト)
- 電力需要の空間的シフト: 75-145万kW (例: サーバーや居住地の変更、観光誘導等)
→595-715万kW

計1217-1435万kW需給バランスを改善することが可能

どのようにして達成するか？



▶ トップダウン的制約

- 総量規制(kWh)
- ピーク時電力(kW)の削減の目安の提示
大口需要家(契約電力500kW以上) 25%、小口需要家(契約電力500kW未満) 15%、
一般家庭 15-20%

▶ 経済的インセンティブ

- ピーク時電力価格の変更
価格弾力性 産業・短期0.1、産業・長期0.2、家庭0.7-0.9、ピークカット実験0.07
- 協働を促す制度設計

▶ 情報提供

- リスク: 停電の影響、派生する影響
- 対策: オプション、費用、実行可能性、効果
- 行動: 他人の行動、自分の行動の結果

▶ 倫理的アプローチ

留意すべき事項



異なる時間スケール(今夏~2年~5年~20年)の接続と
長期ビジョンの設定の必要性

短期的対策

大規模停電の回避
計画停電の最少化

中期的ビジョン

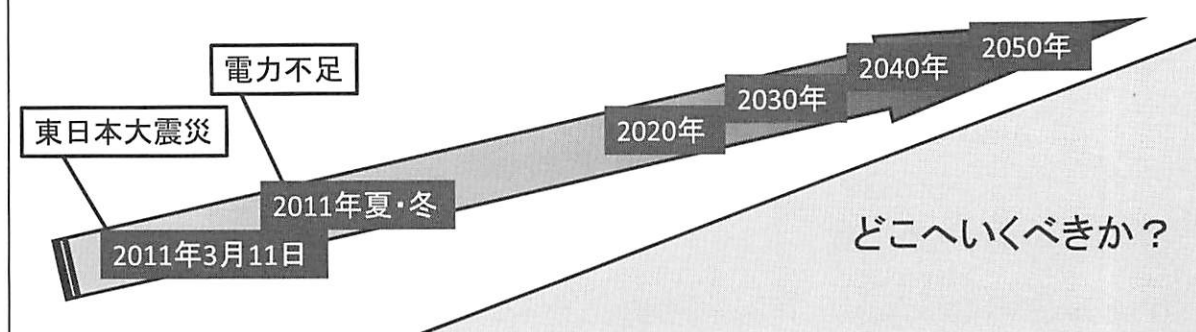
エネルギー
計画に基づく
システム構築

長期的ビジョン

従来型エネルギー消費
先端技術で世界にさきがけ
低炭素社会を実現
災害耐性のあるエネルギー
インフラ

超長期的 ビジョン

持続可能な
社会



■禁無断転載

シンポジウム

東日本大震災に伴う電力不足対策に関する緊急提言
—計画停電を最小限に食い止めるために—

平成23年4月18日 発行

発行所 ©公益社団法人 化学工学会
〒112-0006 東京都文京区小日向4-6-19
共立会館内

制作・印刷 日本印刷株式会社
東京都千代田区外神田6-3-3