

“大切な電気を効率的につくる。送る。賢く使う。”

『大切な電気を効率的に送る』 ～ 電気の品質と送る技術 ～

平成25年12月2日

電気学会 中国支部

松岡 秀夫

(中国電力)



〔目次〕 『大切な電気を効率的に送る』 ～電気の品質と送る技術～

「大切な電気を効率的に送る」のこれまで

- ✓ 電気がお客さまに届くまで
- ✓ 送電システムの整備の推移
- ✓ 「電気を送る」時のリスクと対策
- ✓ 電気の品質

「大切な電気を効率的に送る」のこれから

- ✓ エネルギー多様化への対応
- ✓ 電源偏在リスクへの対応
- ✓ スマートグリッド

『大切な電気を効率的に送る』 ～ 電気の品質と送る技術 ～

「大切な電気を効率的に送る」のこれまで

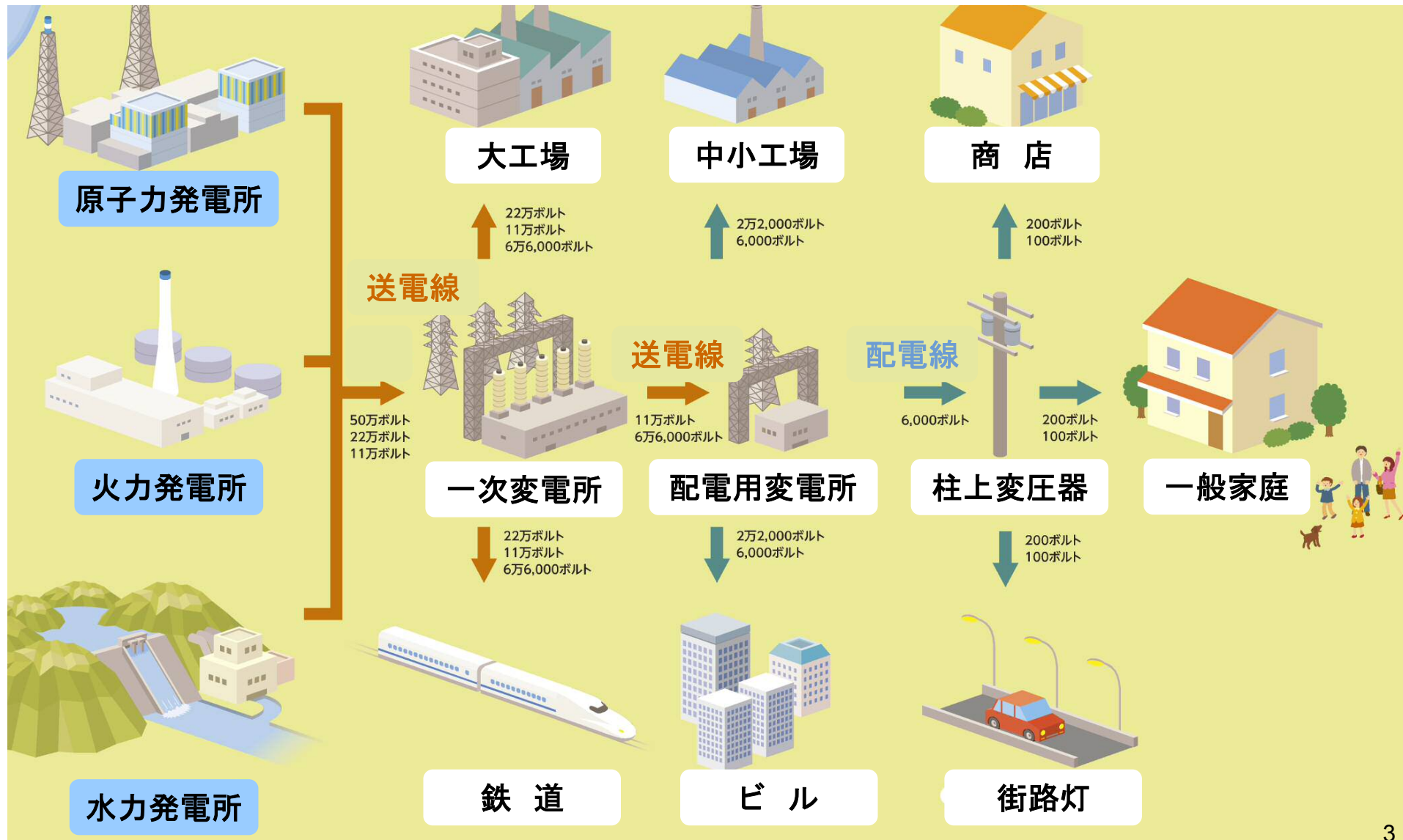
- ✓ 電気がお客さまに届くまで
- ✓ 送電システムの整備の推移
- ✓ 「電気を送る」時のリスクと対策
- ✓ 電気の品質

「大切な電気を効率的に送る」のこれから

- ✓ エネルギー多様化への対応
- ✓ 電源偏在リスクへの対応
- ✓ スマートグリッド

電気がお客さまに届くまで

発電所で作られた電気は、送電線や変電所、配電線を通ってお客さまのもとへ届けられます。



ネットワーク設備の概要



220kV中国東幹線
(現・広島東幹線・昭和34年運転開始)



500kV送電線鉄塔の建設



新西広島変電所



500kV日野幹線



地中ケーブル(220kV広島中央線)

『大切な電気を効率的に送る』 ～ 電気の品質と送る技術 ～

「大切な電気を効率的に送る」のこれまで

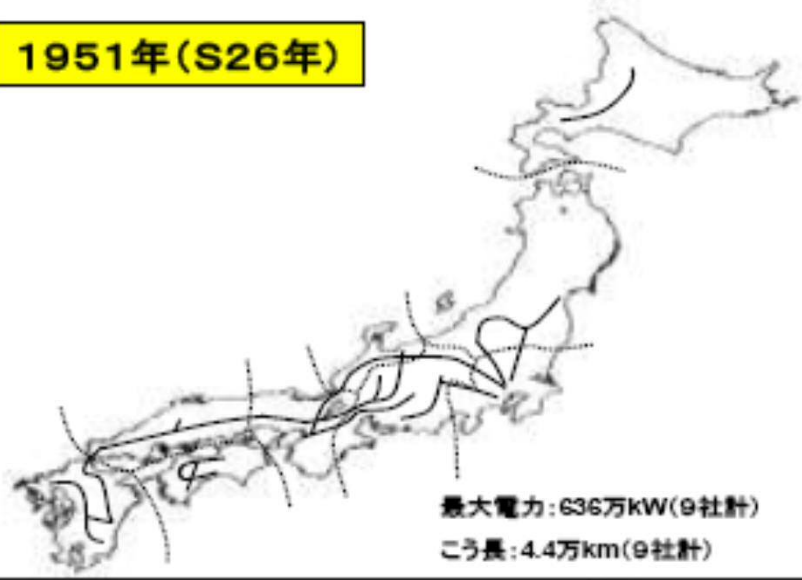
- ✓ 電気がお客さまに届くまで
- ✓ 送電システムの整備の推移
- ✓ 「電気を送る」時のリスクと対策
- ✓ 電気の品質

「大切な電気を効率的に送る」のこれから

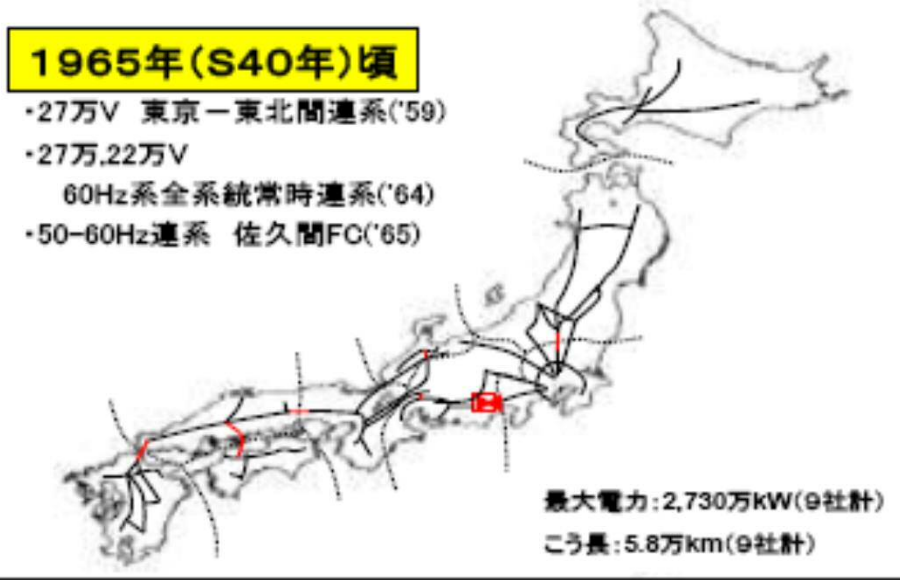
- ✓ エネルギー多様化への対応
- ✓ 電源偏在リスクへの対応
- ✓ スマートグリッド

日本の送電システムの整備の推移

1951年(S26年)



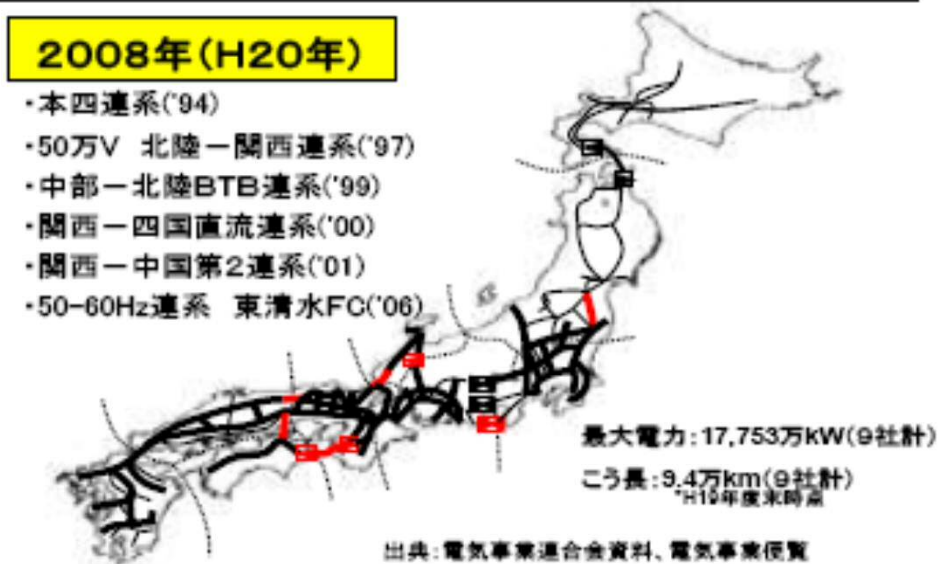
1965年(S40年)頃



1980年(S55年)頃

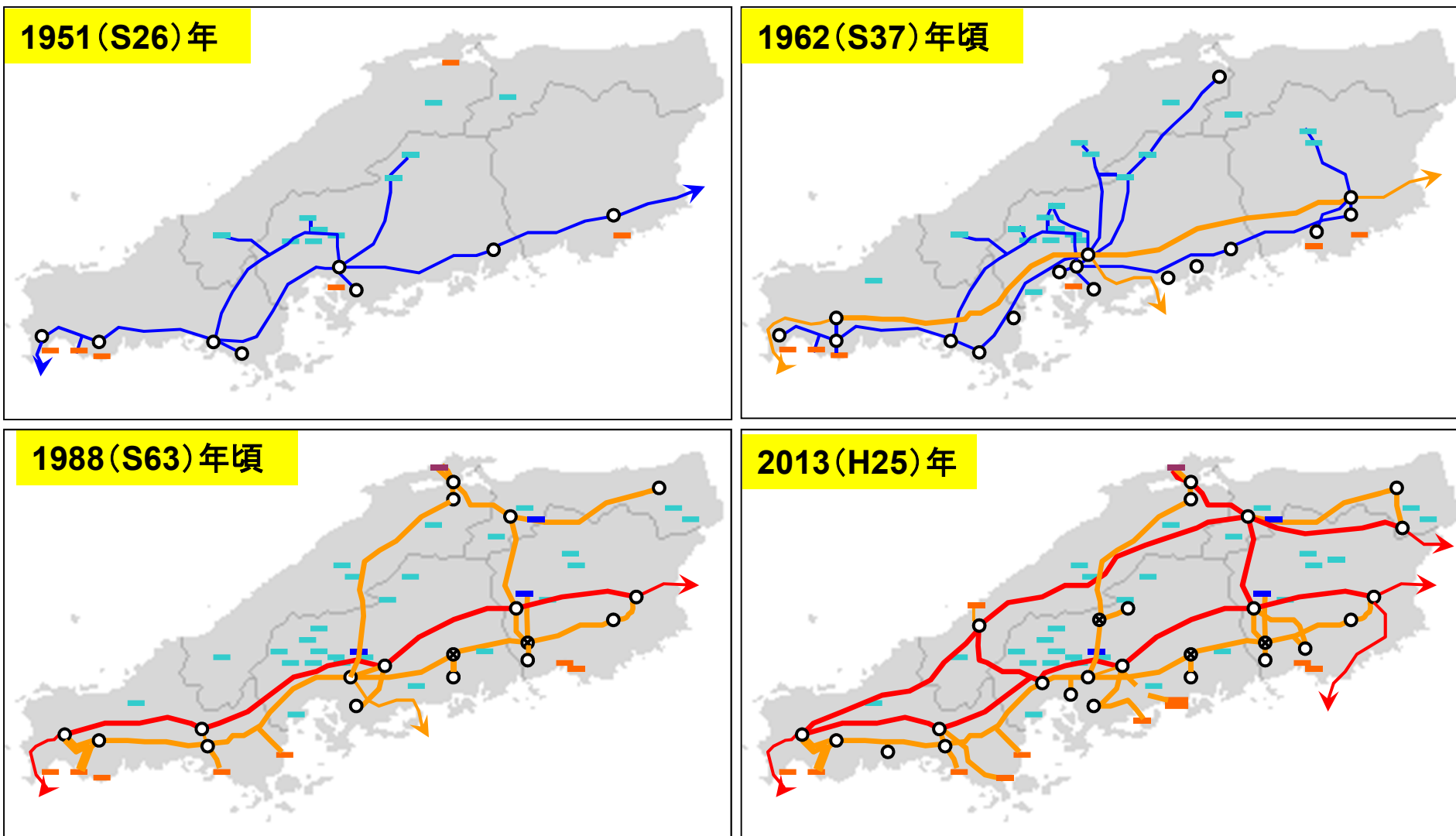


2008年(H20年)



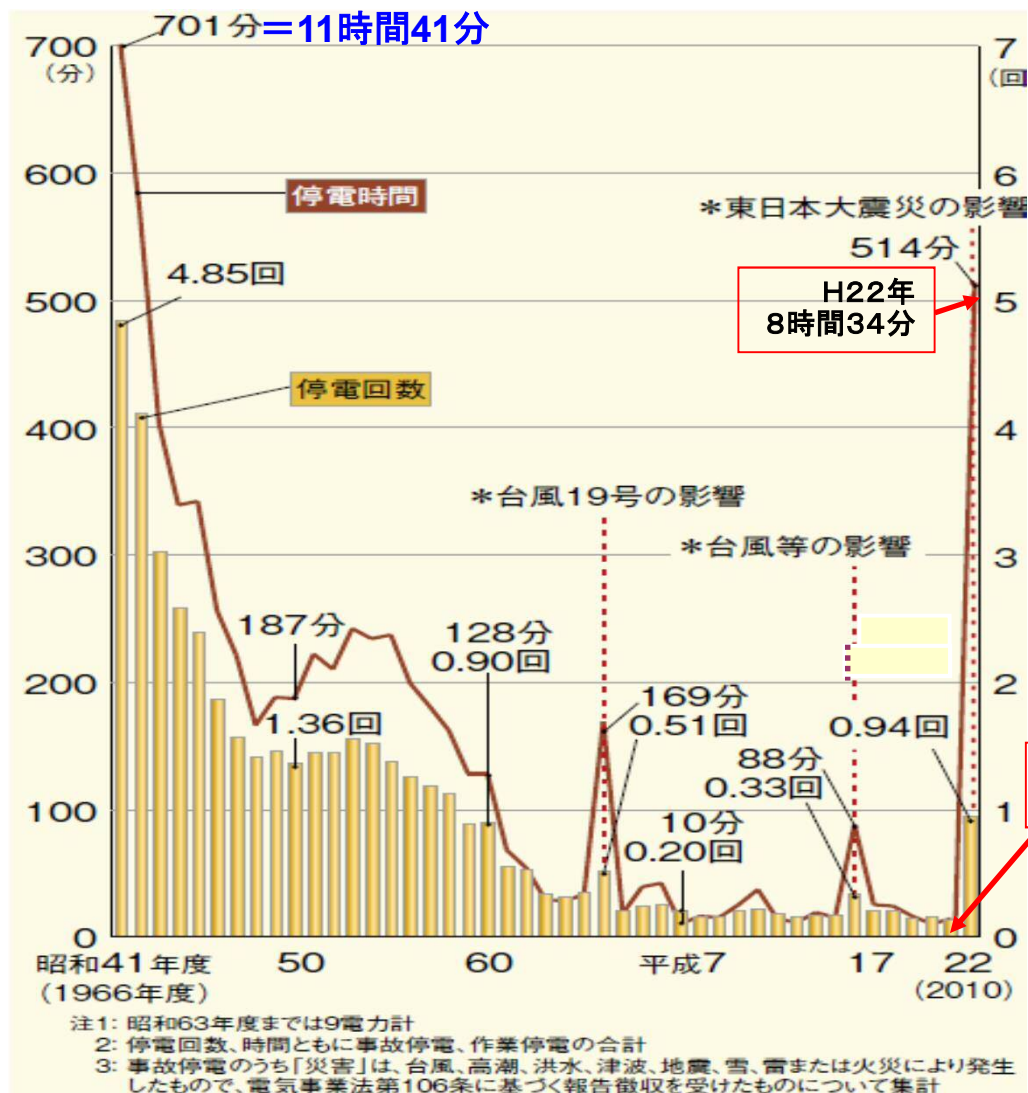
中国地方の送電系統の整備の推移

□1900年 広水力発電所～広島市(26km) 11kV送電線を建設 ⇒ 国内初の大電力輸送

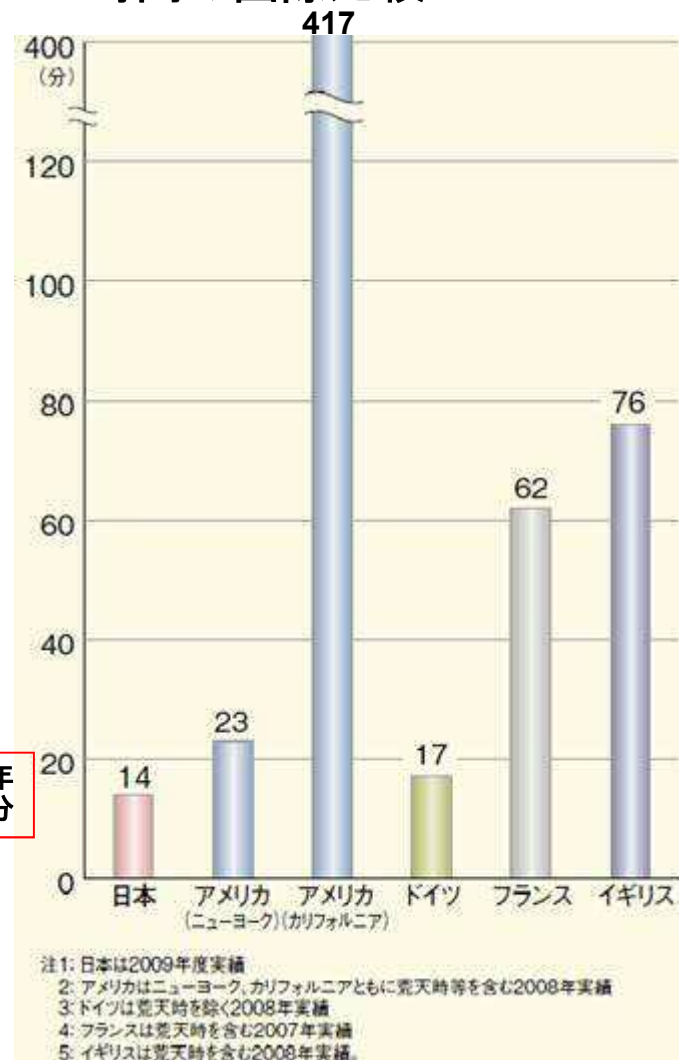


年間停電時間等の状況

□ お客さま1戸あたりの年間停電回数と年間停電時間の推移(作業停電+事故停電)[10電力計]



□ お客さま1戸あたりの年間停電時間の国際比較



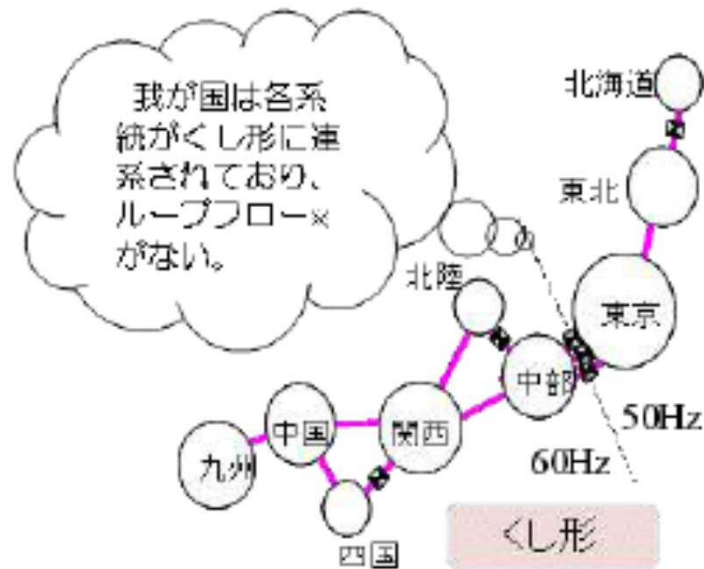
世界との比較



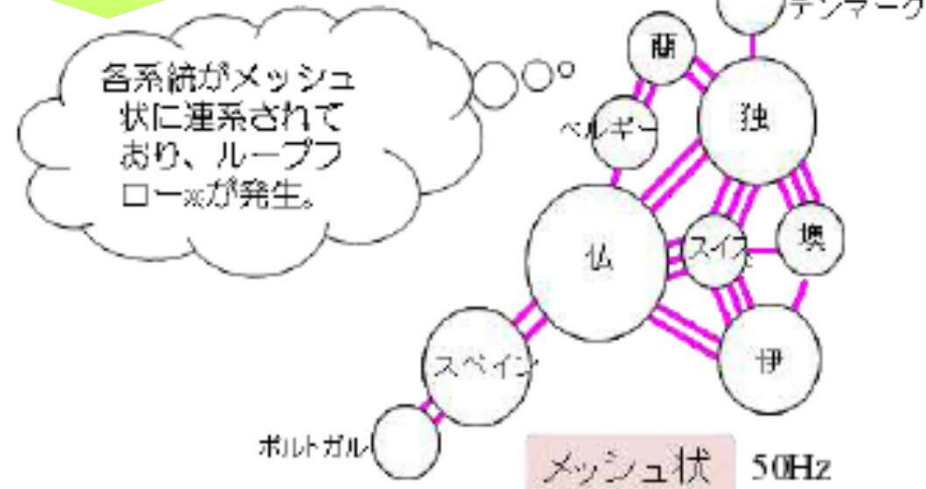
日本の需要地分布

米国の需要地分布

欧州の需要地分布



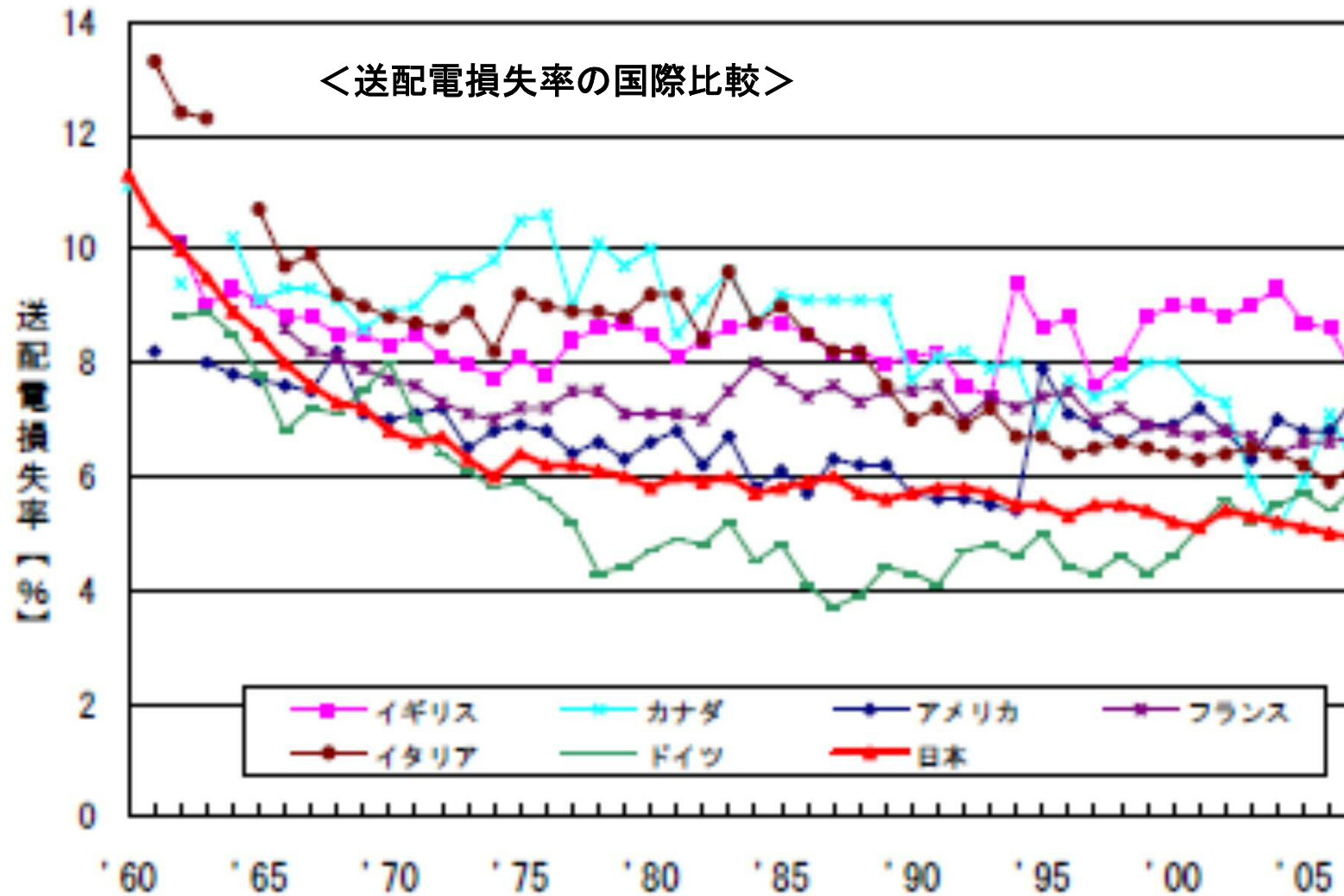
日本の地域連系



欧州の国際連系

出典：電気事業連合会等

送配電損失率の国際比較

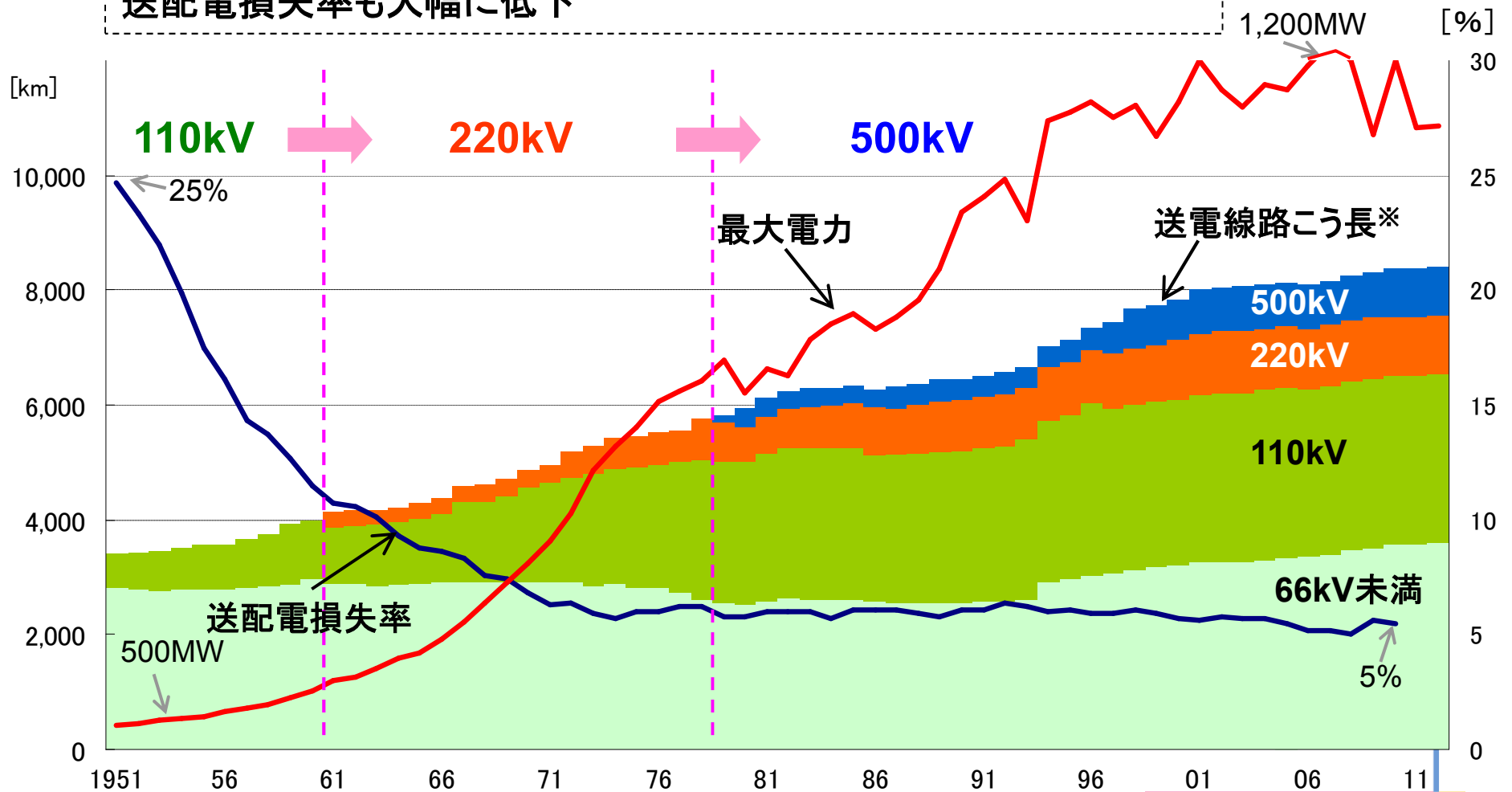


[出典]次世代送配電ネットワーク研究会 報告書 H22.4

送配電損失率の推移と送電設備増強の関係

□中国電力における送電設備の導入と送配電損失率の推移

需要の伸びに対し、送電設備の増強(高電圧化, 多回線化等)し、送配電損失率も大幅に低下



『大切な電気を効率的に送る』 ～ 電気の品質と送る技術 ～

「大切な電気を効率的に送る」のこれまで

- ✓ 電気がお客さまに届くまで
- ✓ 送電システムの整備の推移
- ✓ 「電気を送る」時のリスクと対策
- ✓ 電気の品質

「大切な電気を効率的に送る」のこれから

- ✓ エネルギー多様化への対応
- ✓ 電源偏在リスクへの対応
- ✓ スマートグリッド

「電気を送る」時のリスクと対応策 (1/7)

自然現象によるリスク

塩害



塩害(碍子耐性試験の様子)

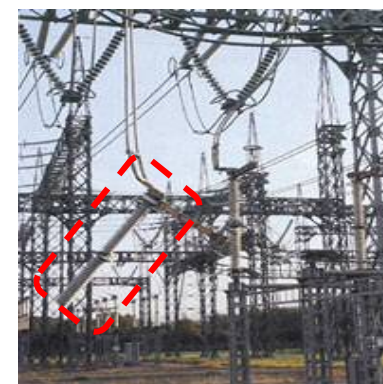
雷害

異常電圧による碍子等の設備損傷 など

事故全体の7~8割程度



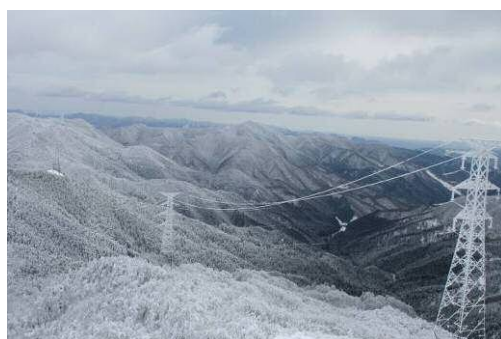
地震



鳥取県西部地震(2000年)による
断路器碍子折損 (日野変電所)

雪害

送電線への着雪による断線、
電線同士の接触 など

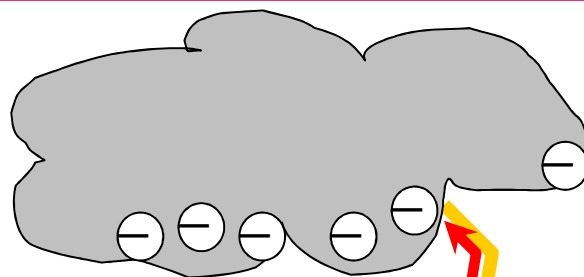


風害

飛来物接触 など

停電や瞬時電圧低下など、お客さまに多大な影響

落雷のメカニズム…架空地線への落雷



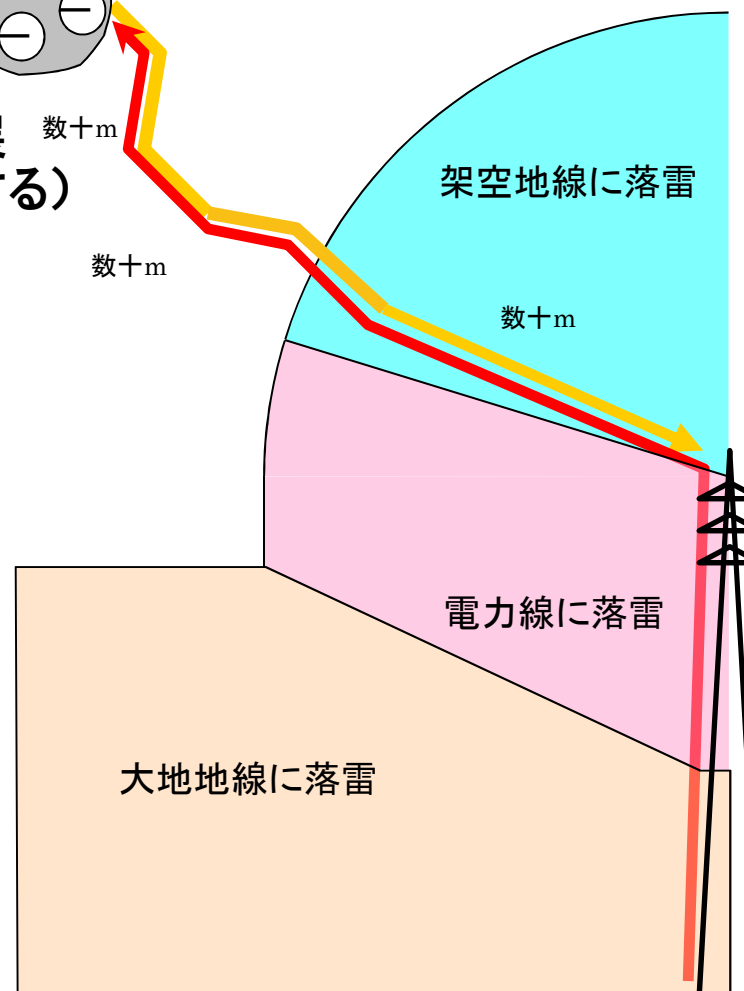
■雷雲から先駆放電(ステップリーダ)が進展 (数十m進展し, $50\mu\text{s}$ 休止し, また進展する)

■送電線路(又は鉄塔)に接近し, 架空地線への落雷エリアに入る

■先駆放電の先端が架空地線に接近した瞬間

■大地から架空地線を通じて, 多量の電荷が先駆放電路に流れ

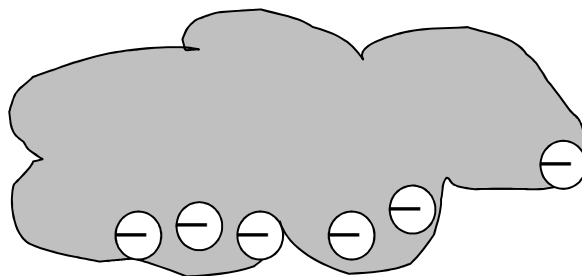
■落雷(主雷撃)となる



参考文献

アームストロング・ホワイトヘッド理論

落雷のメカニズム・・・電力線への落雷(非常に稀頻度)



■雷は, 気象条件や雷雲の状態により, 横や下側から入る場合もあり, 架空地線があっても稀に直撃する場合があります

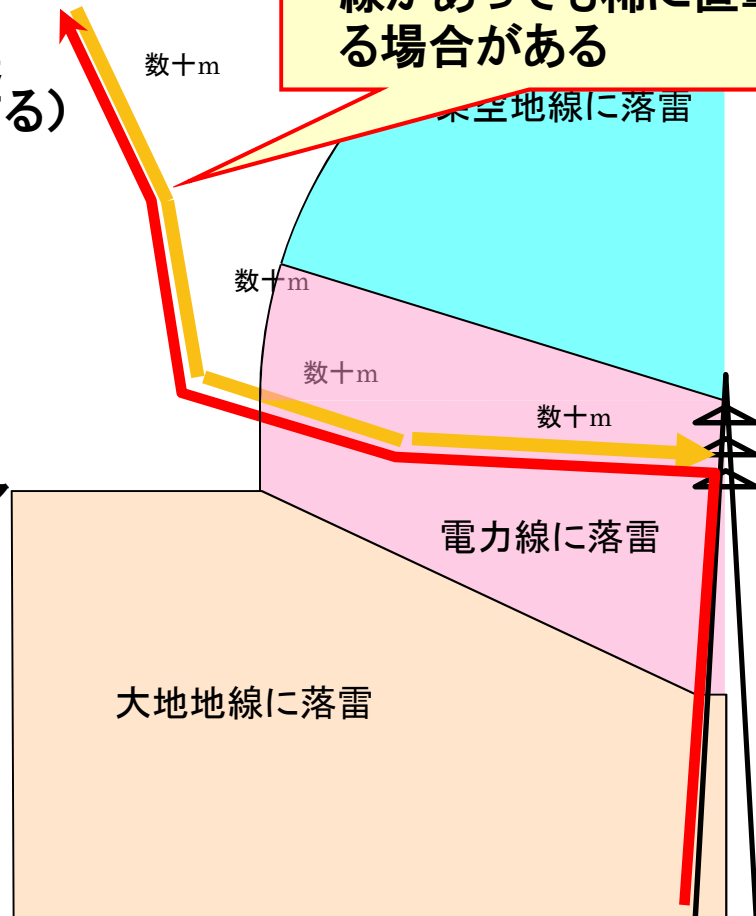
■雷雲から先駆放電(ステップリーダ)が進展(数十m進展し, $50\mu\text{s}$ 休止し, また進展する)

■送電線路(又は鉄塔)に接近し, **電力線への落雷エリア**に入る

■先駆放電の先端が電力線に接近した瞬間

■電力線の絶縁耐力を上回る雷電位によりアーチホーンが放電し, 大地から電力線を通じて, 多量の電荷が先駆放電路に流れ

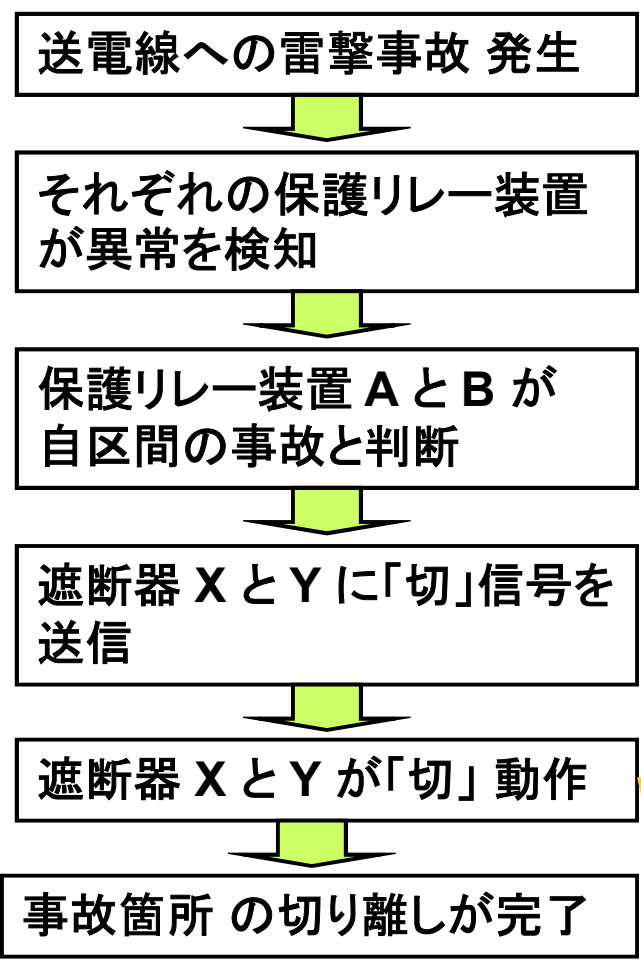
■落雷(主雷撃)となる



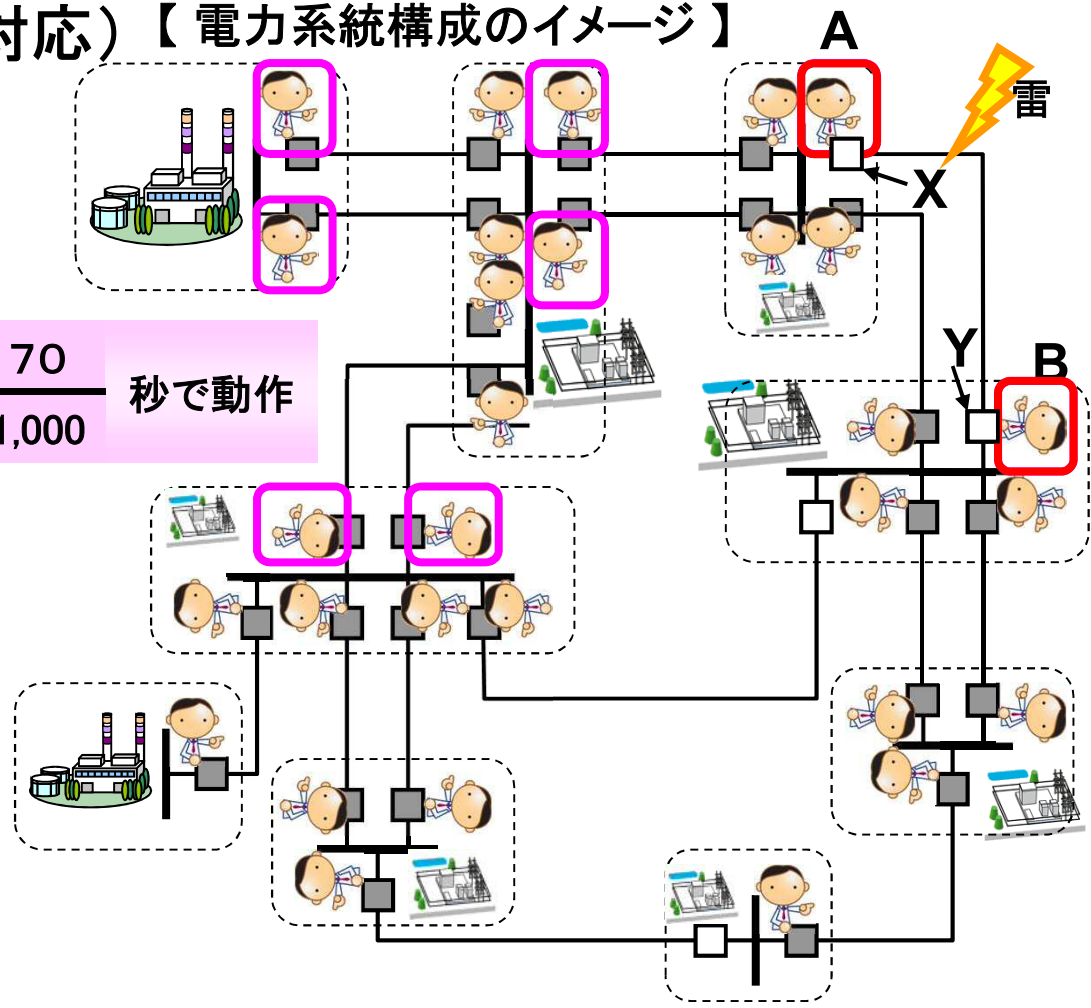
参考文献
アームストロング・ホワイトヘッド理論

「電気を送る」時のリスクと対応策 (2/7)

事故発生時の対応(初動対応)【電力系統構成のイメージ】



最速 $\frac{70}{1,000}$ 秒で動作

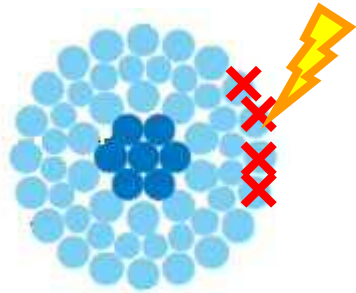


: 保護リレー装置
 : 遮断器(入)
 : 遮断器(切)

「電気を送る」時のリスクと対応策 (3/7)

□ 事故発生時の設備復旧対応 (雷撃事故の場合)

雷撃を受け、素線が数本溶断



電線の断面(イメージ)

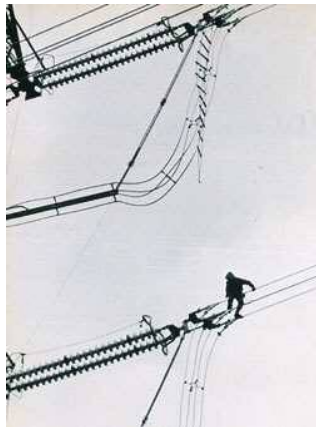
電線の強度が低下



断線のおそれ



電線の補強, または張替えが必要となる



復旧には,

- 事故箇所の特定・確認
- 復旧方針検討
- 現地対応 などが必要となり

最速でも数日かかってしまう

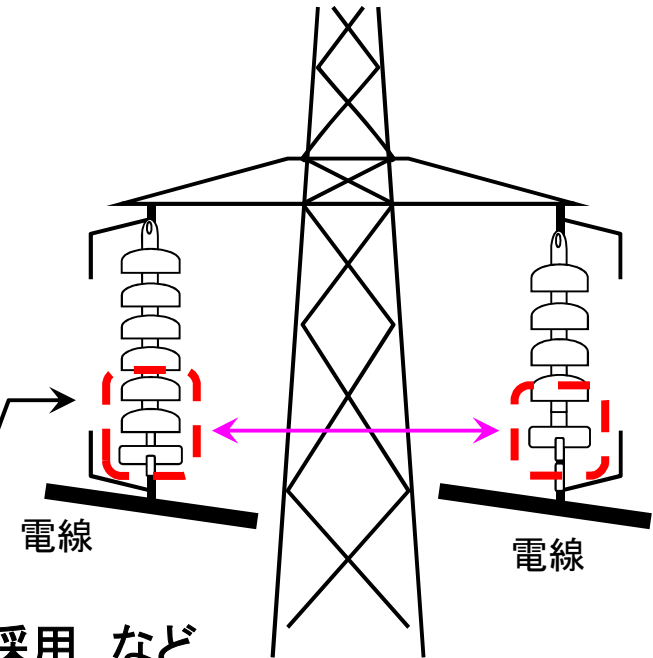
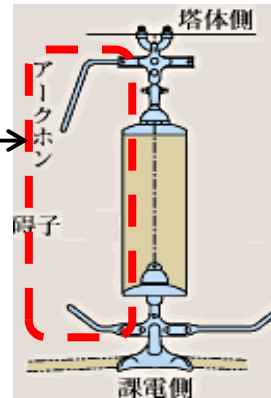
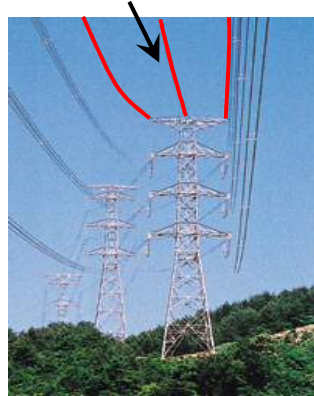
設備を多重化して,
停電リスクを回避



「電気を送る」時のリスクと対応策 (4/7)

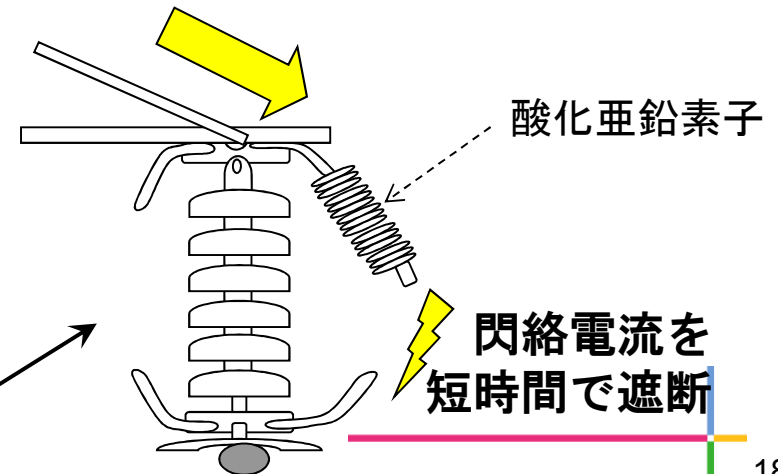
雷害の対応策

- ✓ 雷 遮へい … 架空地線の取り付けなど



- ✓ 雷撃時の影響軽減 … アークホーンの設定, 回線間不平衡絶縁方式の採用 など

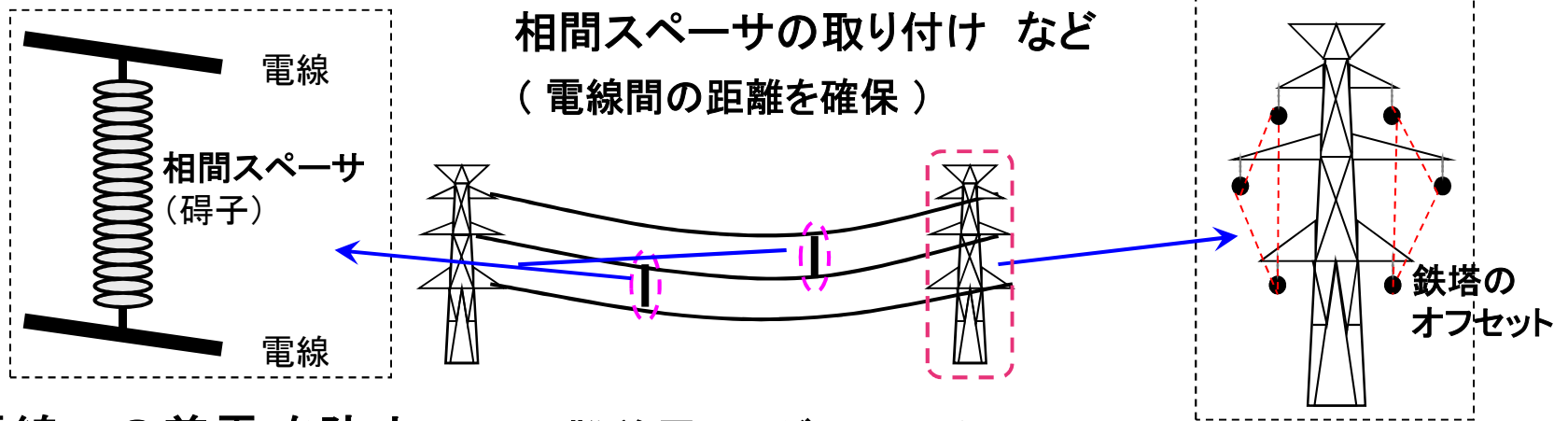
- ✓ 雷撃を受けても事故を起こさせない
 - … - 鉄塔の接地抵抗を低減
 - 絶縁を強化(碍子増結など)
 - 鉄塔上に, 避雷装置の設置 など



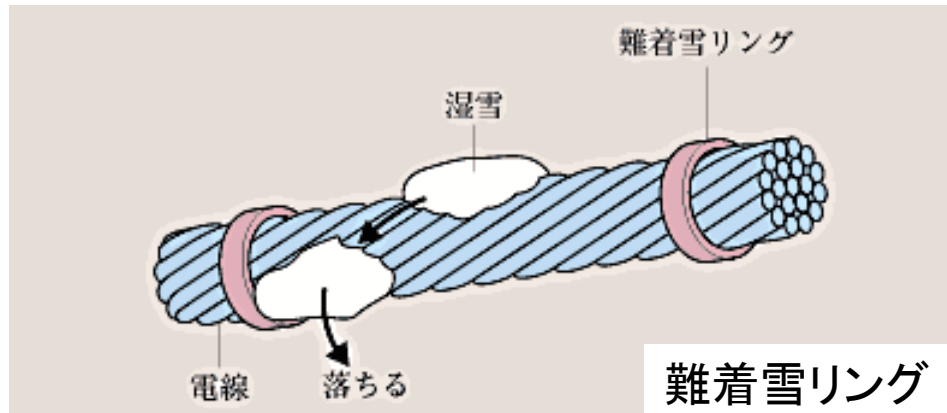
「電気を送る」時のリスクと対応策 (5/7)

□ 雪害の対応策

- ✓ 電線の断線防止 ... 電線の太線化 など
- ✓ 電線同士の接触防止 ... 鉄塔構造の見直し(オフセット改良)
相間スペーサの取り付け など
(電線間の距離を確保)



- ✓ 送電線への着雪を防止 ... 難着雪リングの取り付け



「電気を送る」時のリスクと対応策 (6/7)

□塩害の対応策

✓ 碍子の汚損防止

- … シリコンバウンドの塗布
碍子の水洗 など

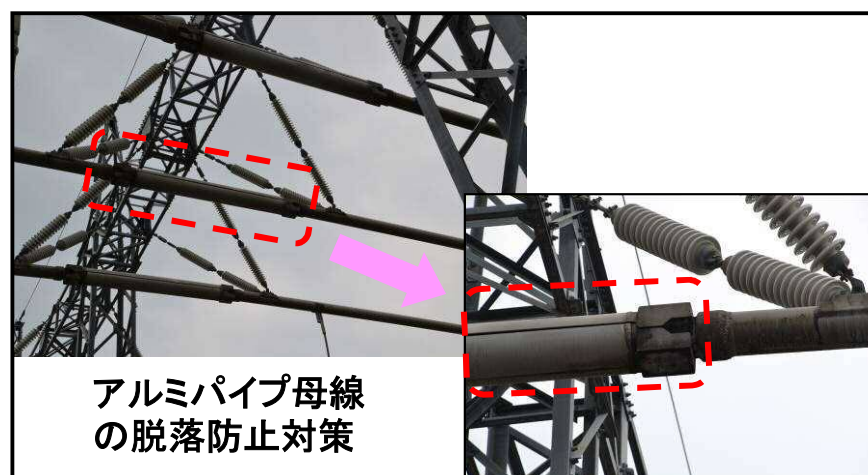
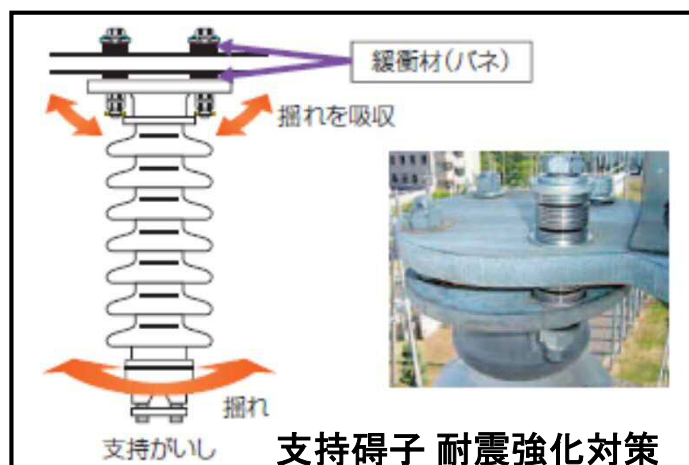


塩害対策
(シリコンバウンド塗布)

□地震の対応策

✓ 設備損壊の防止

- … 設備の耐震強化 など



「電気を送る」時のリスクと対応策（7/7）

□送電設備の点検・巡視や定期的な補修



事故を未然に防止するとともに、
事故発生時は直ちに復旧対応にあたります

『大切な電気を効率的に送る』 ～ 電気の品質と送る技術 ～

「大切な電気を効率的に送る」のこれまで

- ✓ 電気がお客さまに届くまで
- ✓ 送電システムの整備の推移
- ✓ 「電気を送る」時のリスクと対策
- ✓ **電気の品質**

「大切な電気を効率的に送る」のこれから

- ✓ エネルギー多様化への対応
- ✓ 電源偏在リスクへの対応
- ✓ スマートグリッド

電気の品質とは

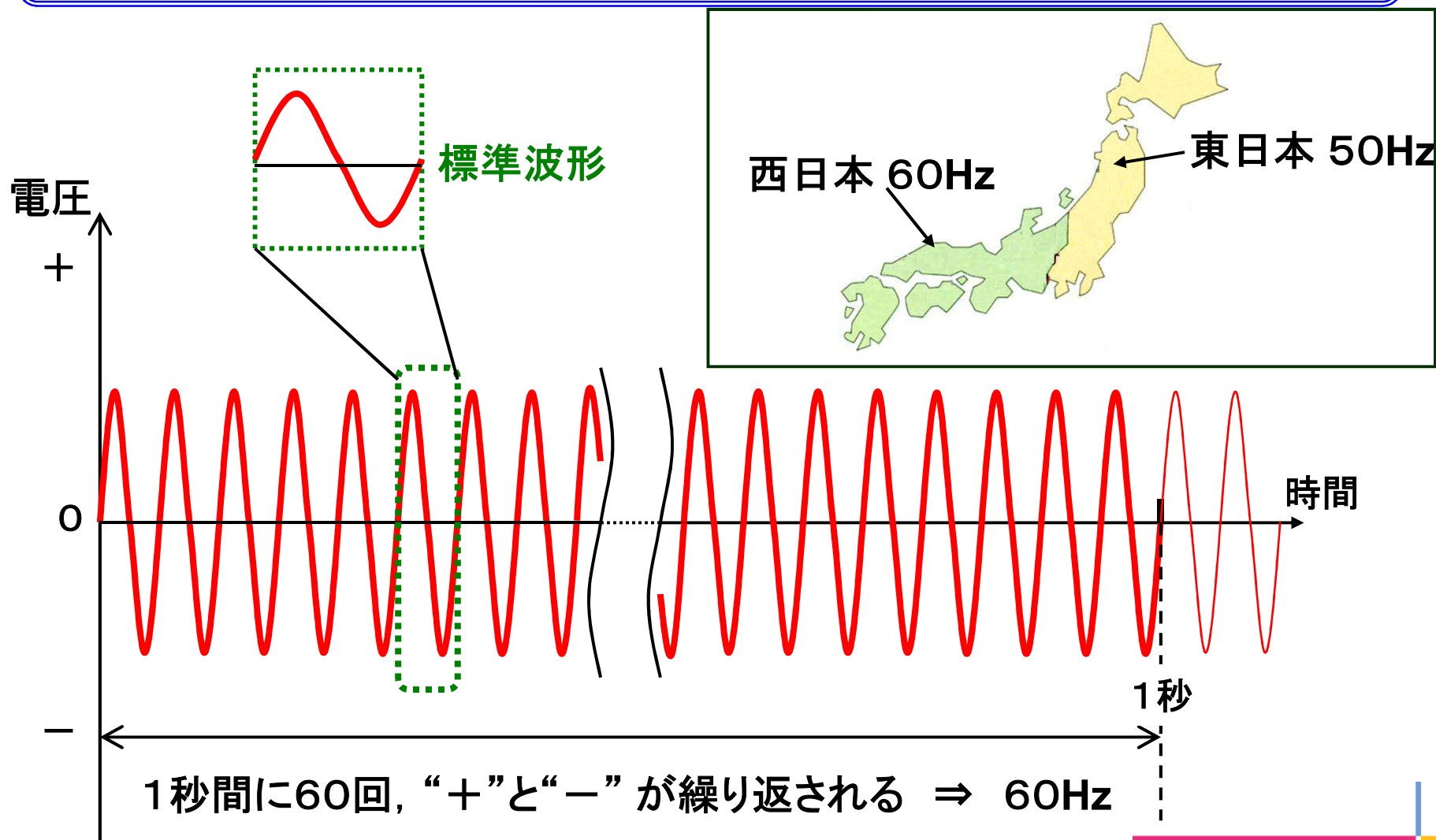
品質の良い 電気とは

- 停電がないこと
- 周波数・電圧が安定していること

“良質な”『電気』という商品を
24時間休むことなく 皆さまへお届けするのが
電力会社の使命です。

『電気』とは ～周波数と電圧～

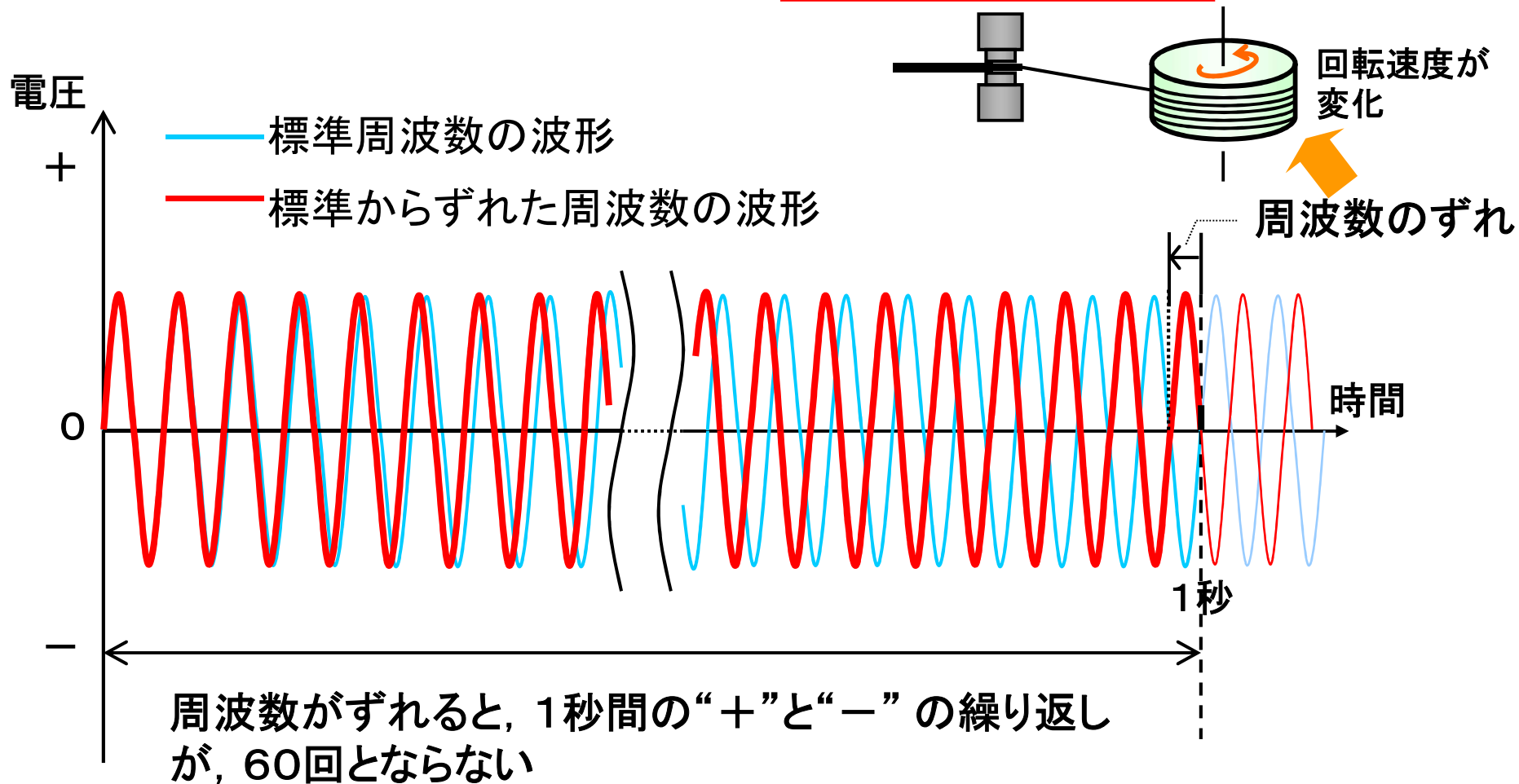
周波数60Hzの場合，1秒間に60回，標準波形が繰り返される



“周波数”について

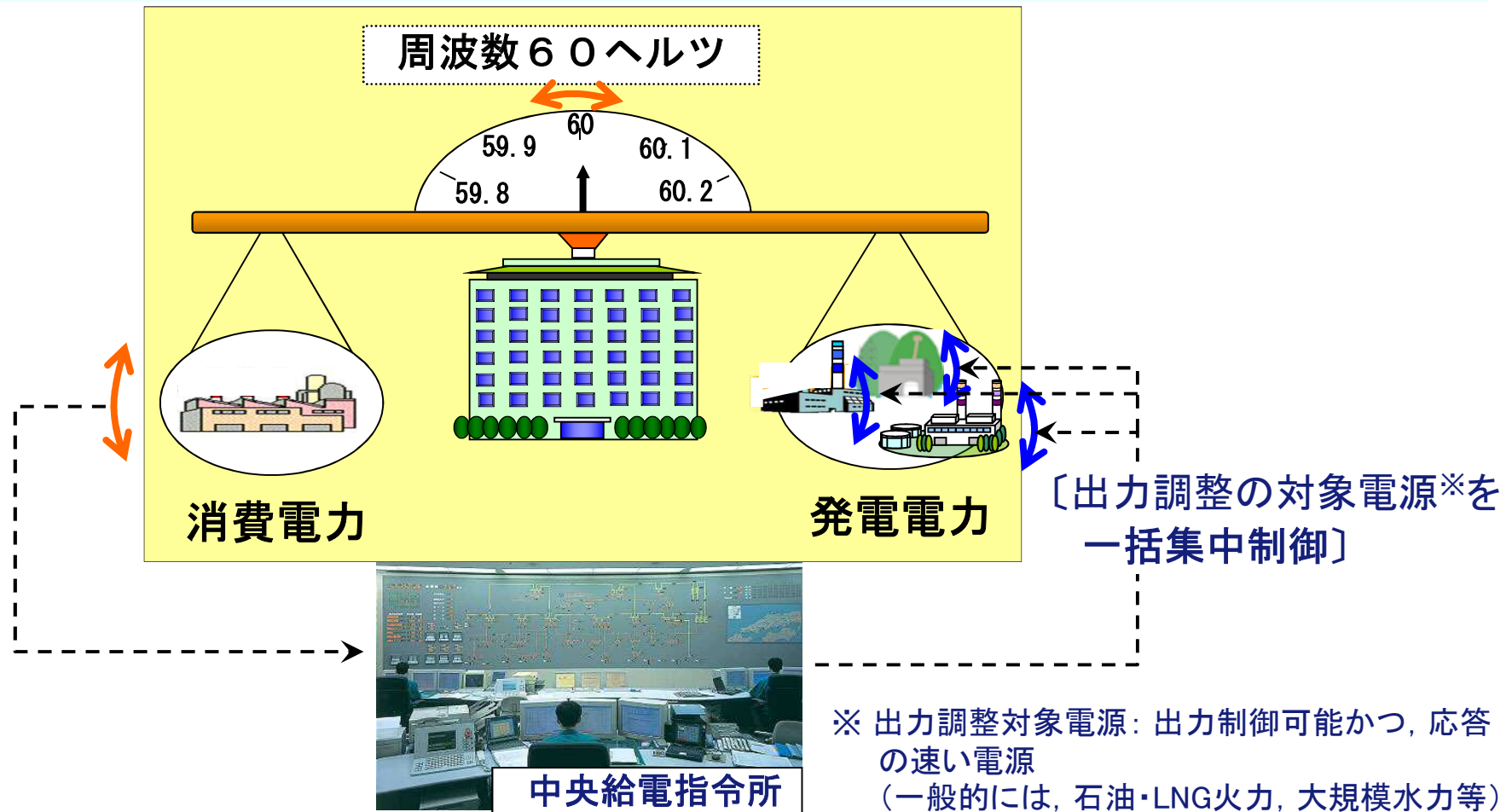
□ 周波数が“ずれる”とは？

糸の太さが変わるなど
製品に“ムラ”が発生



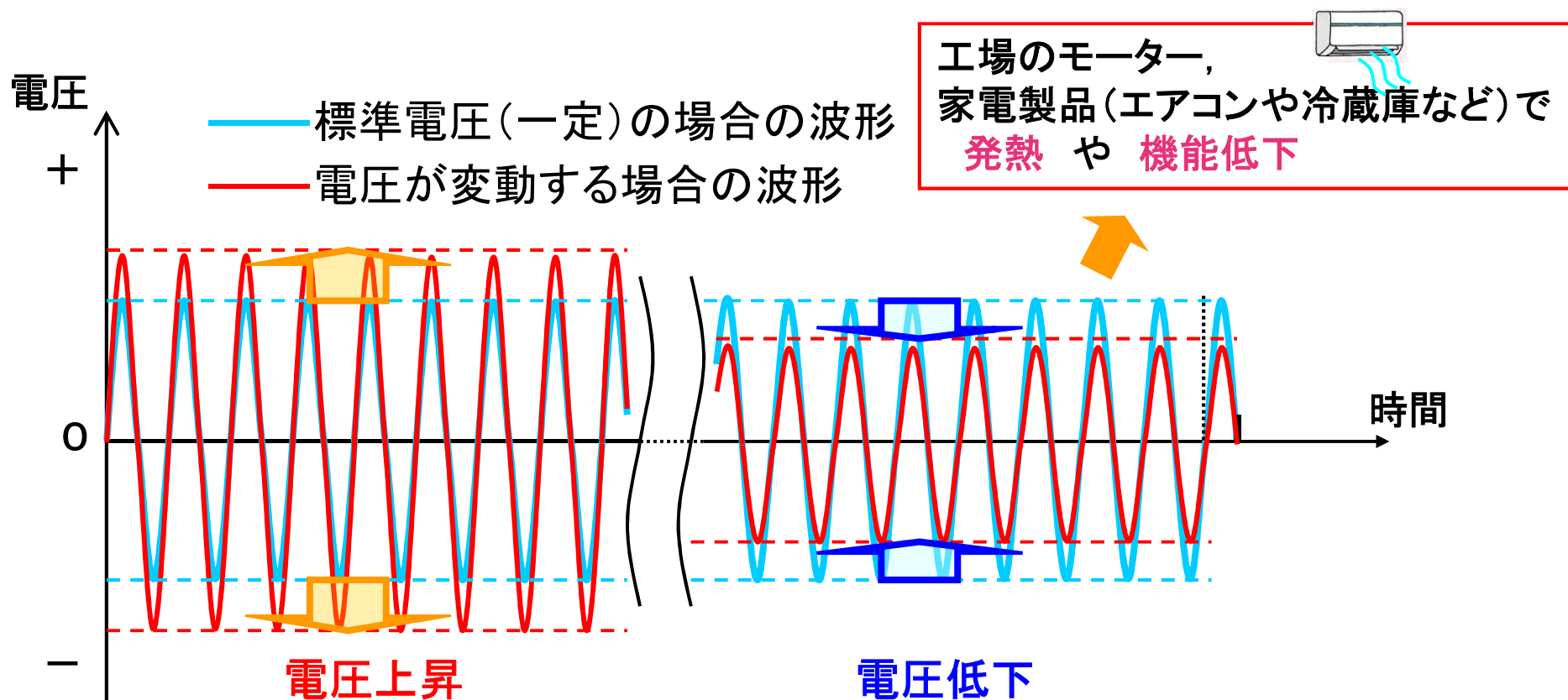
周波数の調整

- お客さまの消費電力が増加（ / 減少）すると、周波数は低下（ / 上昇）
- 時々刻々変化するお客さまの消費電力に応じ、各発電所の出力を調整することにより周波数変動を一定範囲内に維持



“電圧”について

□ 電圧が“変動する”とは？

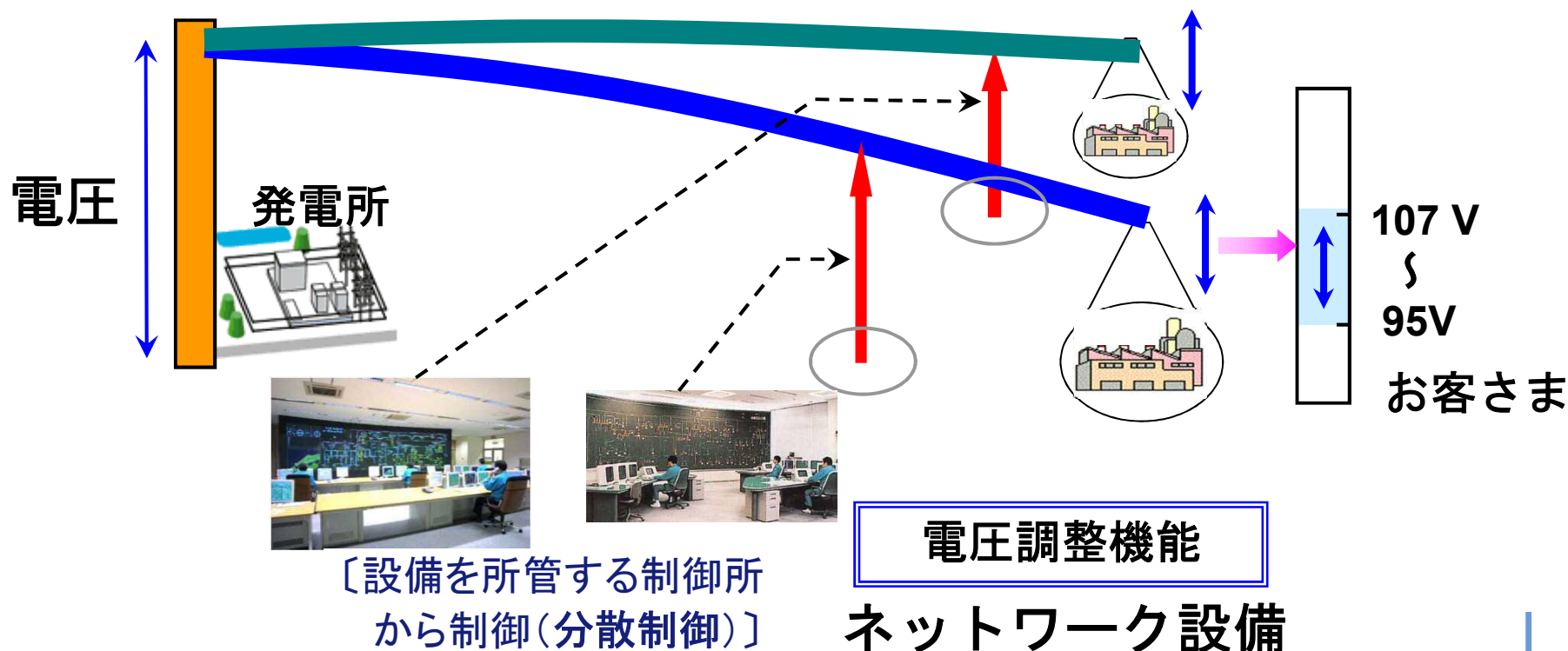


「周波数」が横軸(時間)に対して変化するのに対し,
「電圧」は縦軸に変化する

“電圧”の調整 (1/2)

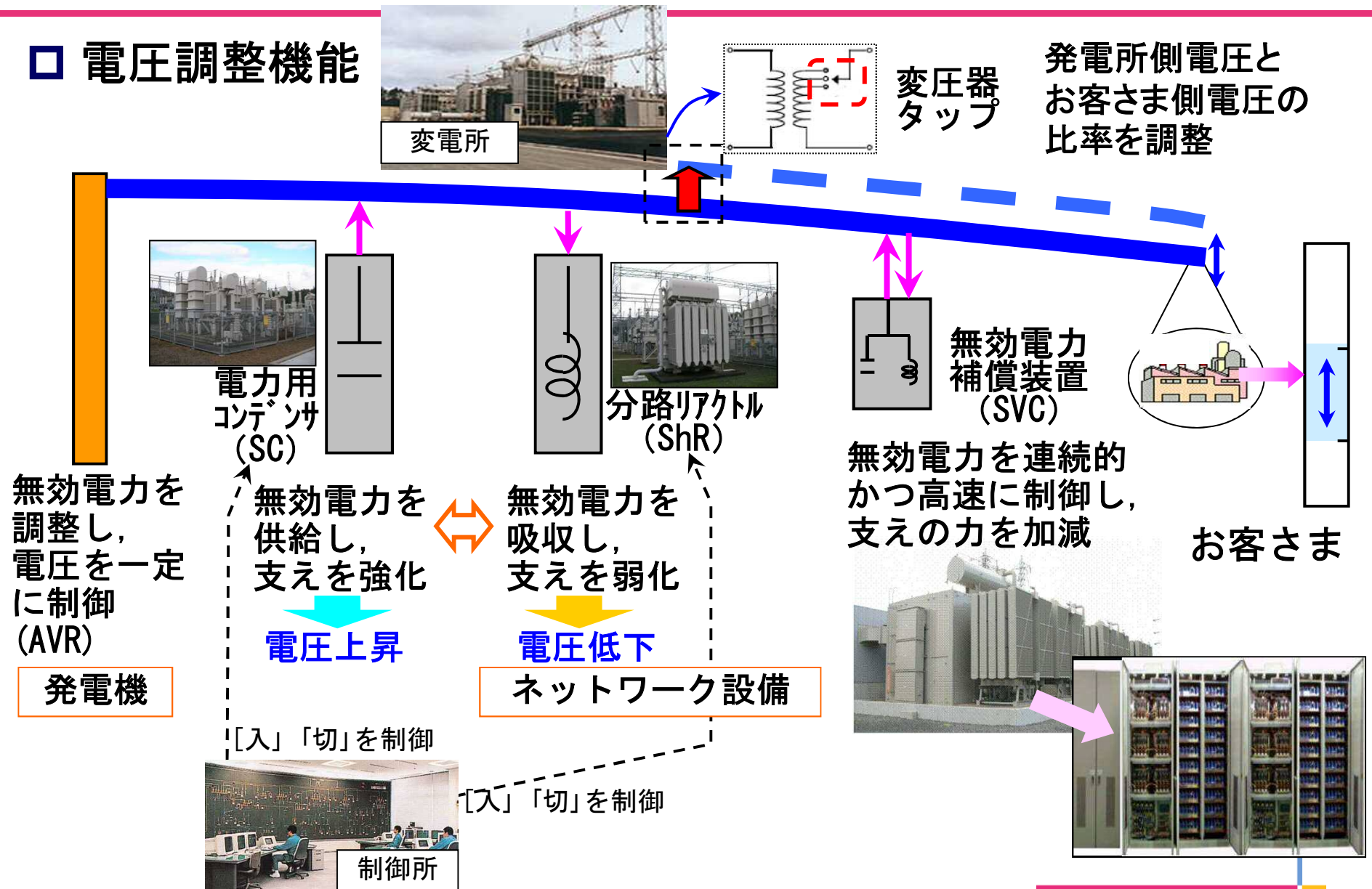
- お客さまの消費電力が増加（/ 減少）すると、電圧は低下（/ 上昇）
- 時々刻々変化するお客さまの消費電力に応じ、発電所やネットワーク設備の電圧調整機能を活用し、電圧を適性範囲に維持

〔例えば 家庭用電圧(100V)の場合、 $101V \pm 6V$ に維持するよう努めることが、電気事業法第26条に規定されている〕



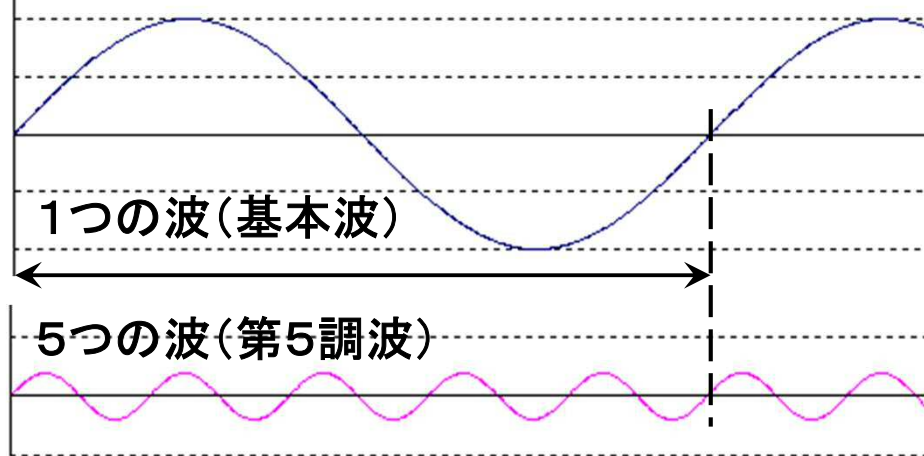
“電圧”の調整 (2/2)

□ 電圧調整機能



高調波の概要

インバータやパソコン, テレビなど電子回路を利用した機器が『高調波発生源』となる ⇒ 電気の品質に悪影響



基本波(電源周波数[60Hz]の波)

+

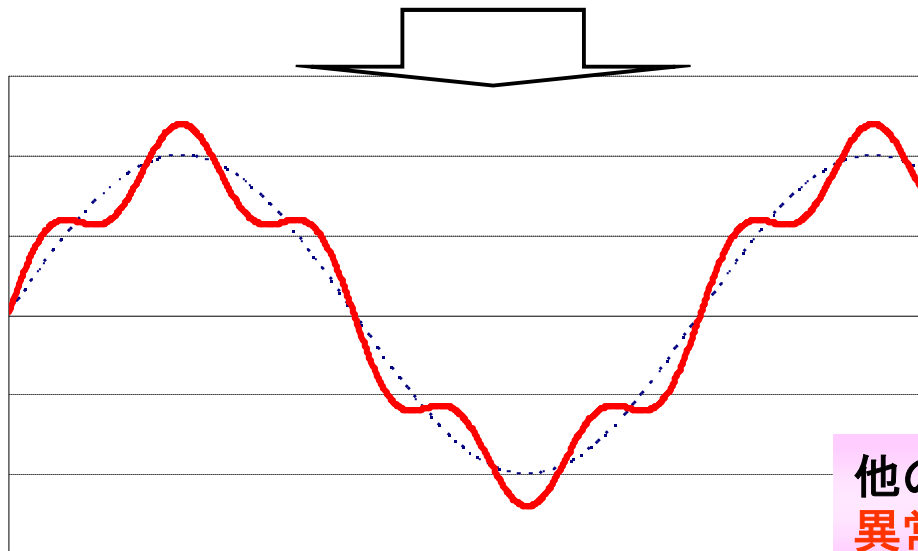
第5調波*(高調波)

基本周波数の5倍の周波数の波
(インバータ機器などで発生)

第5調波を含むひずみ波

「基本波」と「第5調波」が重なり合い、
波形は歪んでしまう

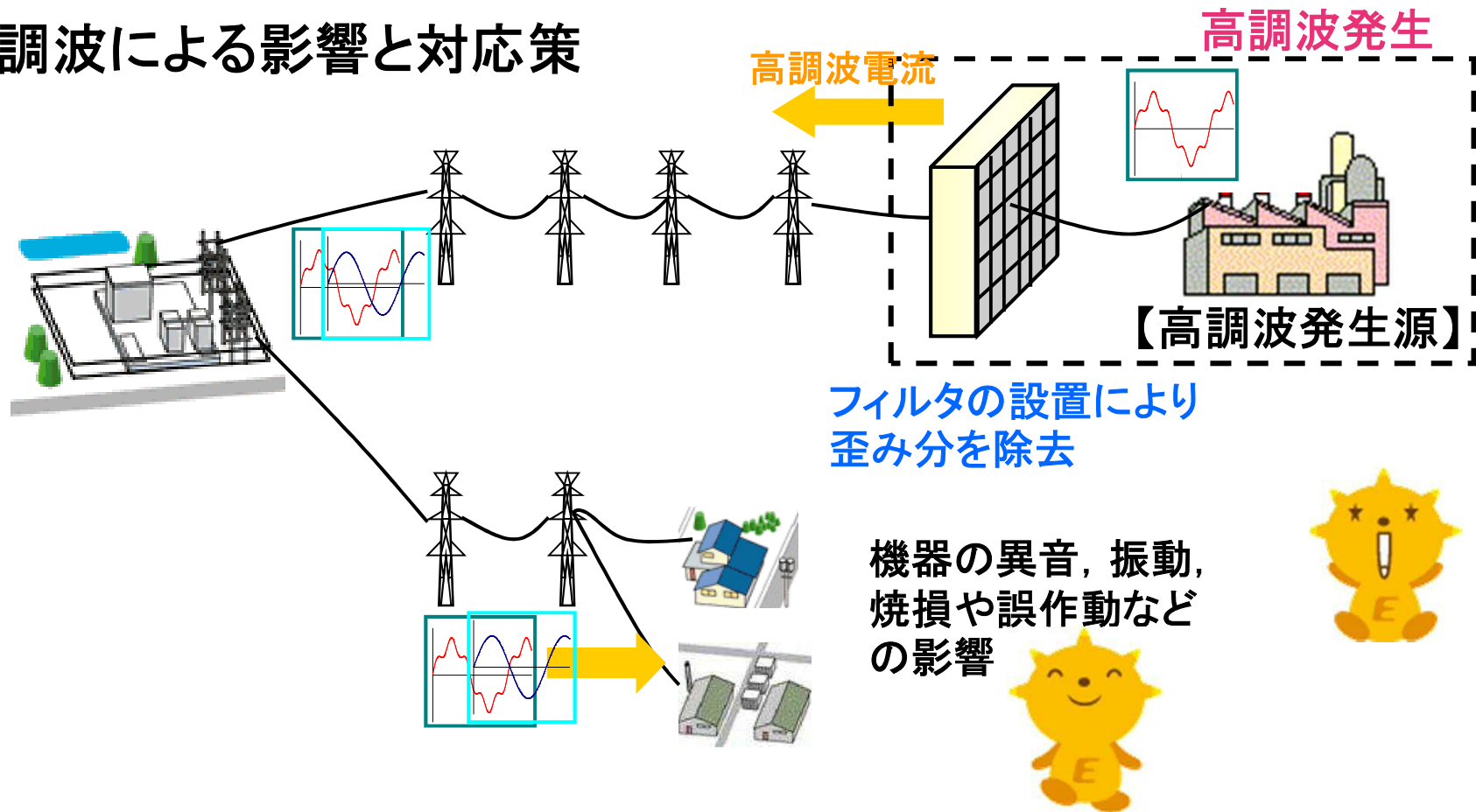
※電力系統には「第3調波」, 「第7調波」
などの高調波もありますが, 相対的に
「第5調波」が多くなっています



他の電気機器に対し誤動作・異常振動・
異常加熱・焼損等を引き起こす場合がある

高調波の対策

□高調波による影響と対応策



『高調波抑制ガイドライン』
を制定 (経済産業省 1994)

〔需要家から流出する高調波電流がガイドラインの
上限値を超える場合, 何らかの対策を取らなけれ
ばならない〕

『大切な電気を効率的に送る』 ～ 電気の品質と送る技術 ～

「大切な電気を効率的に送る」のこれまで

- ✓ 電気がお客さまに届くまで
- ✓ 送電システムの整備の推移
- ✓ 「電気を送る」時のリスクと対策
- ✓ 電気の品質

「大切な電気を効率的に送る」のこれから

- ✓ エネルギー多様化への対応
- ✓ 電源偏在リスクへの対応
- ✓ スマートグリッド

再生可能エネルギーの導入拡大

2012年7月『再生可能エネルギーの固定価格買取制度』開始

再生可能エネルギー（太陽光、風力やバイオマス、中小水力など）により発電した電力を、国が定めた一定の価格・期間で電力会社が購入し、その費用を電気を使用するすべてのお客さまにご負担いただくことで、再生可能エネルギー導入を促進する制度

⇒ 電力会社も 発電電力の買取、 賦課金の回収 など協力

太陽光や風力発電の電力系統への連系にあたっては、

- 設置者からの事前相談対応（任意）
- 申込前の詳細検討の実施（必須）

を行い、他のお客さまへお届けする電気の品質に影響を与えないよう対応



- 実際の発電出力変動データ等を用いた技術的な評価・検討
 - 地域間連系線の活用（電力各社の相互協力） など
- により、一層の普及促進に取り組んでいます



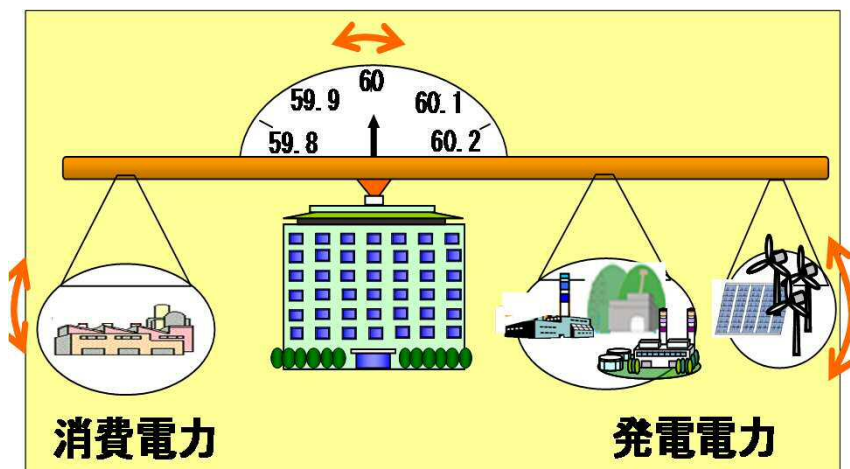
エネルギー多様化への対応（周波数面）

○「太陽光」や「風力」などの再生可能エネルギー導入拡大

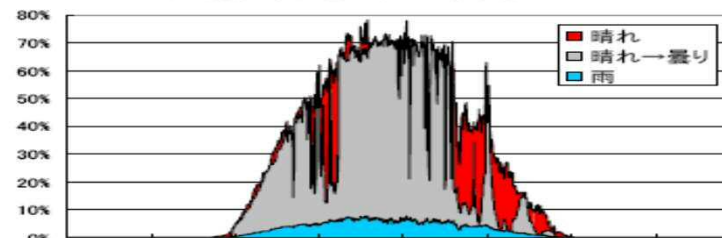
- ・枯渇の心配のない国産エネルギー
- ・発電時にCO2を発生しないクリーンなエネルギー

○一方で、「太陽光」や「風力」は、発電出力が不安定のため、「電気」の品質への影響が懸念される

・周波数調整面への影響

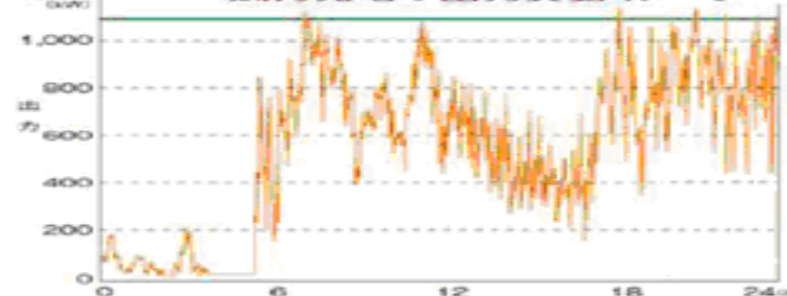


＜太陽光発電の出力変動イメージ＞



[出典]次世代送配電ネットワーク研究会 報告書 H22.4

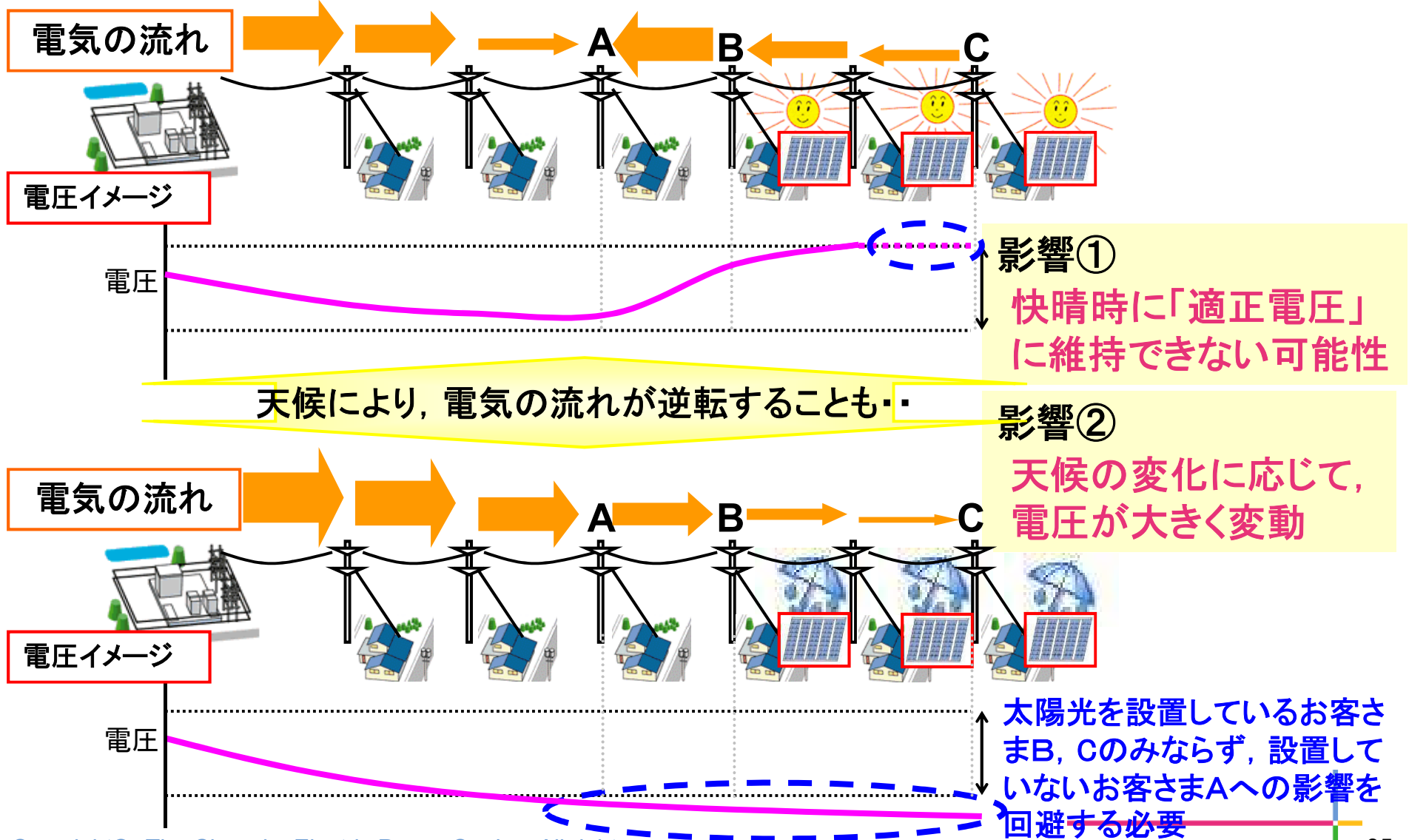
～ 風力発電の出力変動イメージ ～



[出典]北海道電力 ほりかつぶ発電所

エネルギー多様化への対応（電圧面）

・電圧調整面への影響



『大切な電気を効率的に送る』 ～ 電気の品質と送る技術 ～

「大切な電気を効率的に送る」のこれまで

- ✓ 電気がお客さまに届くまで
- ✓ 送電システムの整備の推移
- ✓ 「電気を送る」時のリスクと対策
- ✓ 電気の品質

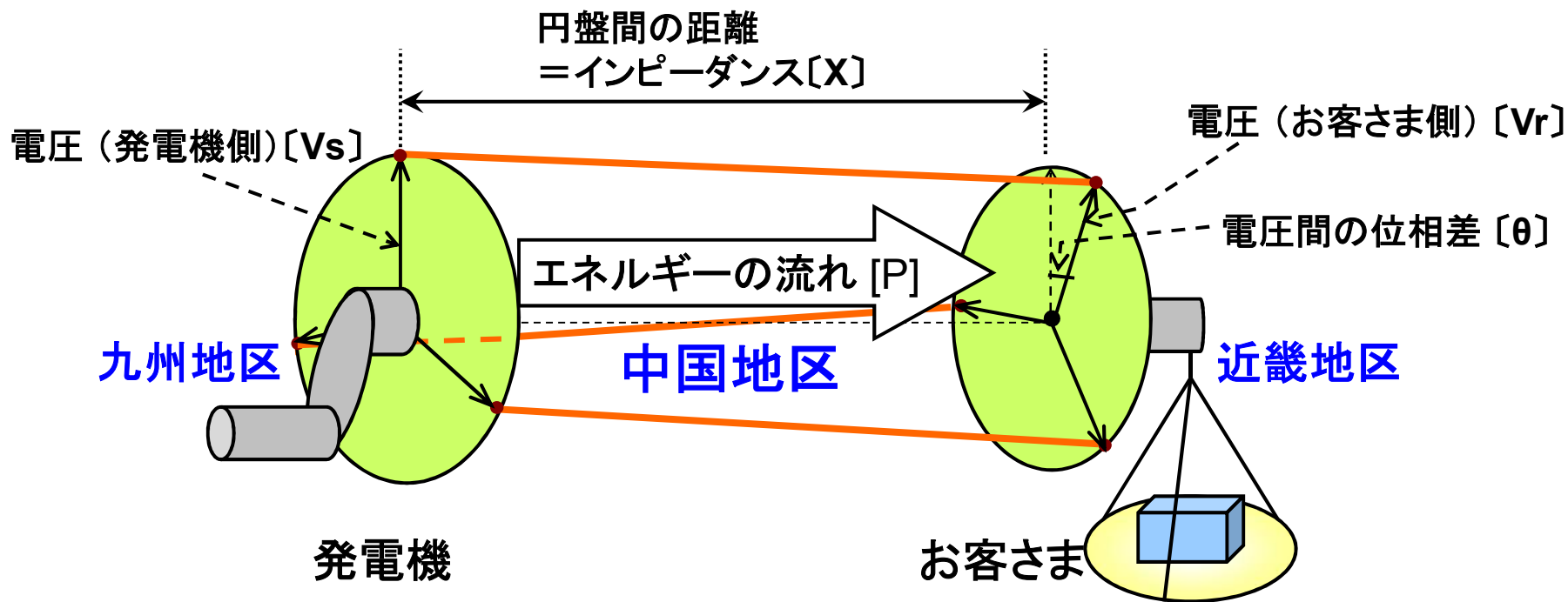
「大切な電気を効率的に送る」のこれから

- ✓ エネルギー多様化への対応
- ✓ 電源偏在リスクへの対応
- ✓ スマートグリッド

電源偏在リスクへの対応（イメージ）

交流電力は大規模に長距離輸送することは非常に難しい

〔大電力長距離送電のイメージ〕



野田モデル
動画

(1) お客さま需要増加の影響

①中国地区での
調整なし

②中国地区での
調整あり

(2) 送電線事故(雷撃等)の影響

③中国地区での
調整なし

④中国地区での
調整あり

『大切な電気を効率的に送る』 ～ 電気の品質と送る技術 ～

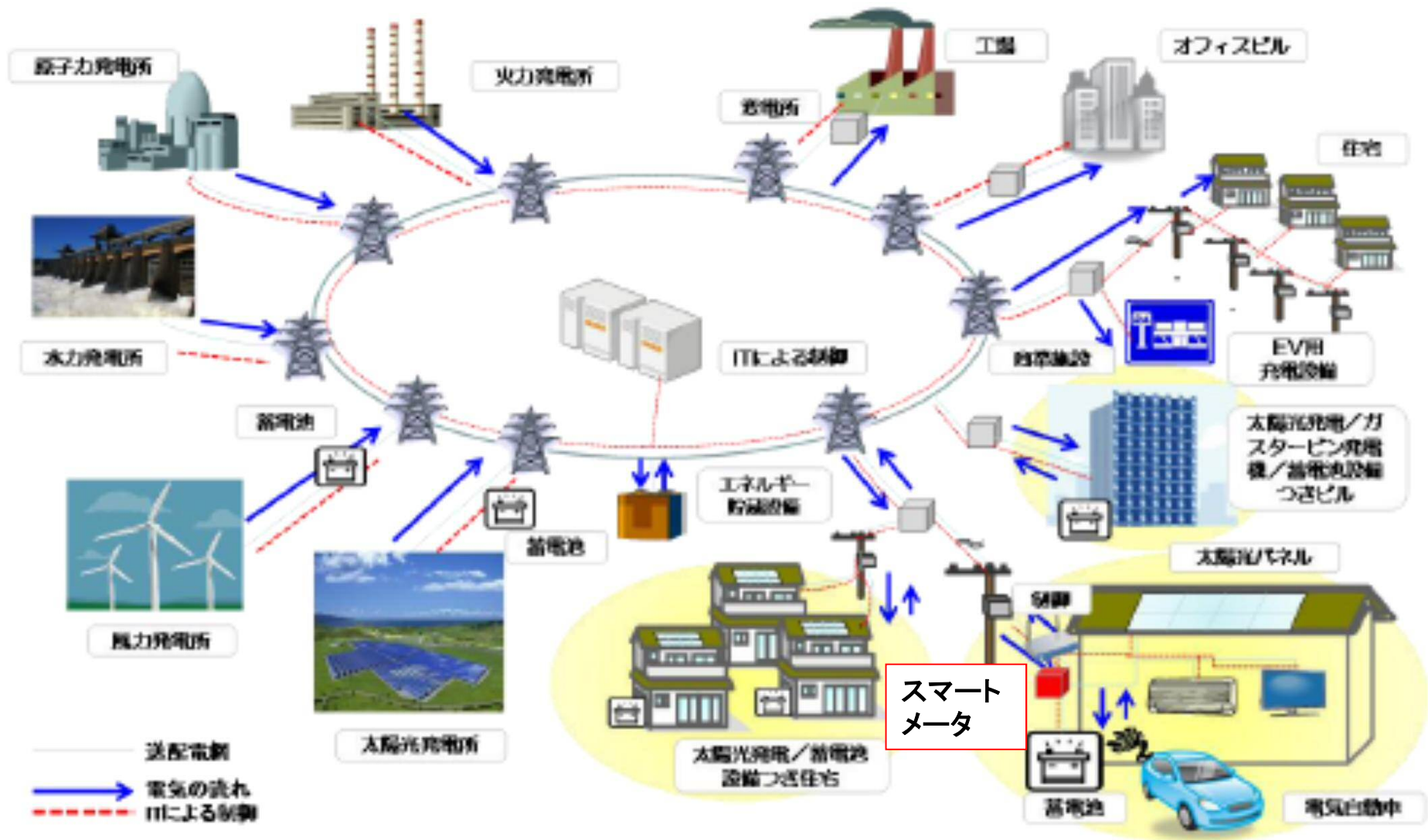
「大切な電気を効率的に送る」のこれまで

- ✓ 電気がお客さまに届くまで
- ✓ 送電システムの整備の推移
- ✓ 「電気を送る」時のリスクと対策
- ✓ 電気の品質

「大切な電気を効率的に送る」のこれから

- ✓ エネルギー多様化への対応
- ✓ 電源偏在リスクへの対応
- ✓ スマートグリッド

スマートグリッド概念図

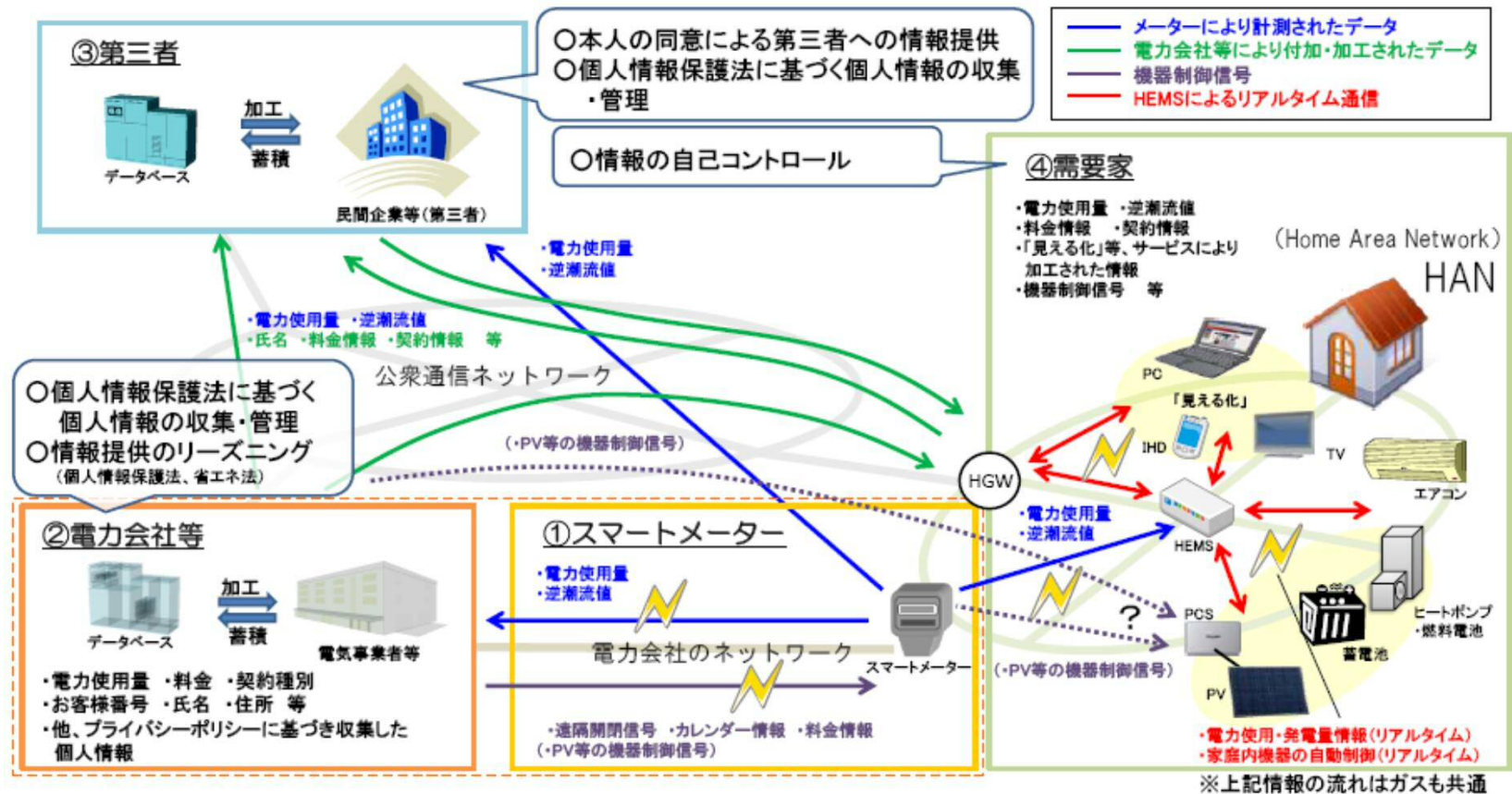


[出典]「次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に関する研究会」報告書 H22.1

スマートメーターの導入

- エネルギー基本計画では、「費用対効果等を十分考慮しつつ、2020年代の可能な限り早い時期に、原則全ての需要家にスマートメーターを導入」することが目標

(概念図)スマートメーターから需要家への情報提供ルート



まとめ

- ✓ エネルギー多様化(再エネ導入)の推進やスマートグリッド, デマンドレスポンス導入など, 電気を取り巻く環境は急速に変化しており, 「大切な電気を効率的につくる」と「賢く使う」をマッチングさせる「送る」分野の技術開発はますます重要
- ✓ 「電気を送る」設備は, 電気の品質を守る重要な設備
多種多様な人が効率的にこれらの設備を活用するためには, 「電気という財」の特性を理解し, 相互に協調することが重要

ご清聴有難うございました。

