



# 電力システム強靱化への取り組み —日本の配電電圧を100Vから230Vへ—

2021/6

三井物産戦略研究所  
技術・イノベーション情報部インダストリーイノベーション室  
阿部 裕

## Summary

- 日本全土に張り巡らされた電力システムは、多角的な観点から改善が必要とされており、①鉄塔・電柱の技術基準見直し、②無電柱化の推進、③送配電網の強靱化・スマート化などの対策が考えられている。
- 「配電電圧昇圧化」も電力システムの強靱化・効率化の有効な手段となり得る。発電所から送電された配電電圧の昇圧化（電圧を上げる）は、電力供給量の拡大、電力損失の低減などにより電力効率を高めるとともに配電設備の簡素化につながる。これにより二酸化炭素排出量削減等の効果も期待される。
- 配電電圧昇圧化の実現には、莫大な投資や家電製品の買い替え等を要するが、日本全土の電力需要者が対象の長期投資は有効需要を生み出し、地域社会にも波及する効果的な経済対策となる可能性がある。

## はじめに

本レポートでは、日本が抱える課題の一つである「電力システムの強靱化」に貢献し得る手段として「配電電圧昇圧化」を紹介する。配電電圧昇圧化は、電力供給量の拡大、電力損失の低減などにより電力効率を高めるとともに、長大かつ複雑な設備を広域に展開する現在の電力システム全体を簡素化することを可能にする。地球環境保全の観点からは、世界中の送配電網における電力損失を低減することで、年間4億1,100万トンから5億4,400万トンの二酸化炭素排出を削減できるとの研究<sup>1</sup>もある。さらに、システムの簡素化により、防災／テロ対策上の弱点を減らし、保守管理コストを軽減するなどの効果が期待される。

## 電力システムの変遷

日本の一般的な家庭で使われる電力の電圧（配電電圧）は100Vである。電力システムが導入され始めた黎明期には、日本各地に電力会社が設立され、ドイツ製の発電機（電圧は100V）や、米国製の発電機（電圧は110V）など海外から輸入された発電機器が導入<sup>2</sup>され、地域によって配電電圧が異なっていた。やがて、明治、大正、昭和と時を経るにつれて電力会社の統合が進み、最終的に1938年に国家総動員法が成立する

<sup>1</sup> Nature (2019年8月12日) 「The climate mitigation opportunity behind global power transmission and distribution」  
<https://www.nature.com/articles/s41558-019-0544-3> 論文には、世界中の送電網の送電ロス分に相当する電力を作り出すために排出される二酸化炭素排出量は約10億トン／年と試算。これは化学産業全体が1年間に排出する二酸化炭素量に匹敵するとしている。

<sup>2</sup> 代表的なところでは、東京電灯が1895（明治28）年、独アルゲマイネ社製の265kW/50Hzの三相交流発電機を採用。大阪電灯は1897（明治30）年、米トムソン・ハウストン社製の150kW/60Hzの交流発電機を採用している。

と、全ての発電・送電会社は「日本発送電会社」に統合された。1941年には配電統制令が公布され、配電会社も、全国を9つの地域（北海道・東北・関東・中部・北陸・近畿・中国・四国・九州）に分けられ、それぞれの地域を統括する配電会社が設立された。このように国家による戦争遂行上の必要性から、電力統制の一環で電力システムも統合され、配電電圧は100Vに収斂し、現在に至っている。

## 電力システムと送配電網の強靱化

電力システムは、火力・水力・原子力発電所や太陽光発電、風力発電などの発電設備と、送電線、変電所、配電線などの送配電網、電力の需給調整や障害対応などを行う運用制御システムで構成される。日本では、2016年の電力自由化で（沖縄を除く）9電力（北海道、東北、東京、中部、北陸、関西、中国、四国、九州）が、発電事業、送配電事業、小売電気事業の3つに分割された（図表1）。

図表1 電力事業の分割（例：東京電力）



注：東京電力パワーグリッドは、送配電事業の中立性を担保するため、他の2つの事業会社とは異なる独自商標を使用  
 出所：東京電力ホールディングス ([https://www.tepco.co.jp/toudenhou/ep/1271994\\_9044.html](https://www.tepco.co.jp/toudenhou/ep/1271994_9044.html))

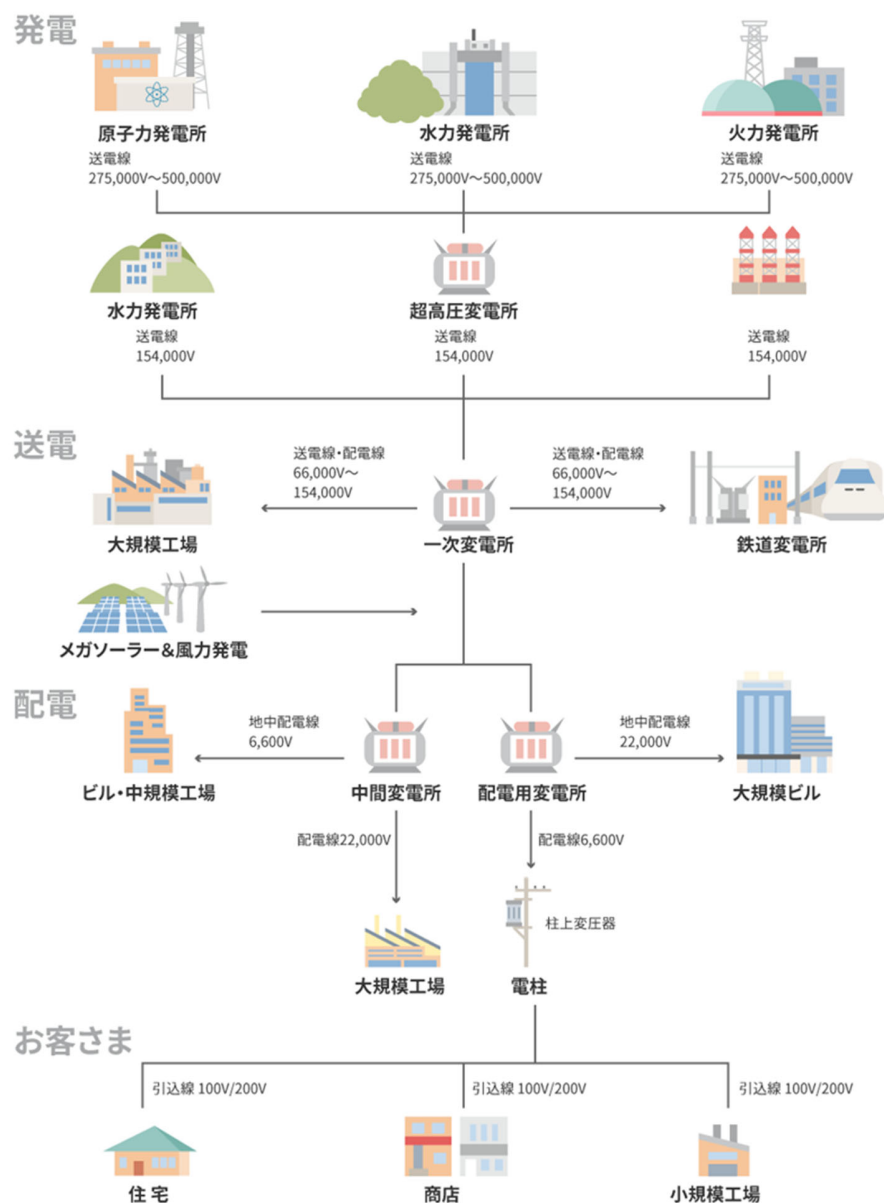
この中で、担当エリア内での電力システム全体の監視制御は、それぞれの送配電事業者が担当する。送配電事業者は、発電事業者と小売電気事業者の間で電力の需給調整を行い、断線や自然災害などで発生した障害に際しては送電線の接続ルートを切り替えたり、電力供給の不足が生じる場合には、担当エリア外の発電事業者から不足分の電力を調達したりするなど、きめ細かな運用を行っている<sup>3</sup>。

送配電事業者は、発電所からの電力を高圧変電所で一定の電圧にして、遠くに離れた電力需要地（都市圏や工場地帯など）に向け長距離用の送電線で送電する。電力需要地に近づくと送電されてきた電力は一次変電所で6万6,000Vまで電圧を下げプラントや自動車製造工場など大きな需要者に供給される。その後、中間変電所に送られ、2万2,000Vに電圧を下げ、中小の工場などに供給され、さらに配電変電所に送られて

<sup>3</sup> 2021年4月、送配電網協議会と共に需給調整市場が新たに発足。より効率的な電力の需給運用を目指すため、担当エリアを越えた広域的な電力調達を実施。 <https://www.tdgc.jp/jukyuchoseishijo/outline/outline.html>

6,600Vに電圧を引き下げて市中の電線を通じて商業ビルや小規模工場などへ配電される。最後に6,600Vの電力は、電柱に設置してある柱上変圧器により100Vに電圧を落として最終需要者である家庭などに提供されている（図表2）。

図表2 電気の流れ



出所：東京電力パワーグリッド (<https://www.tepco.co.jp/pg/electricity-supply/operation/flow.html>)

発電された電力は、送配電網を通じて徐々に電圧を下げて、需要者の規模に応じた電力が送電される仕組みである。このように送配電網は、発電と家庭や工場といった電力需要者をつなぐ重要な構成要素であり、遠く離れた発電所から都市部など隅々まで電力を供給するため、日々保守点検作業が行われている。しかし、戦後の経済復興期から高度経済成長を経て現在に至るまで電力を供給し続けてきた電力システム

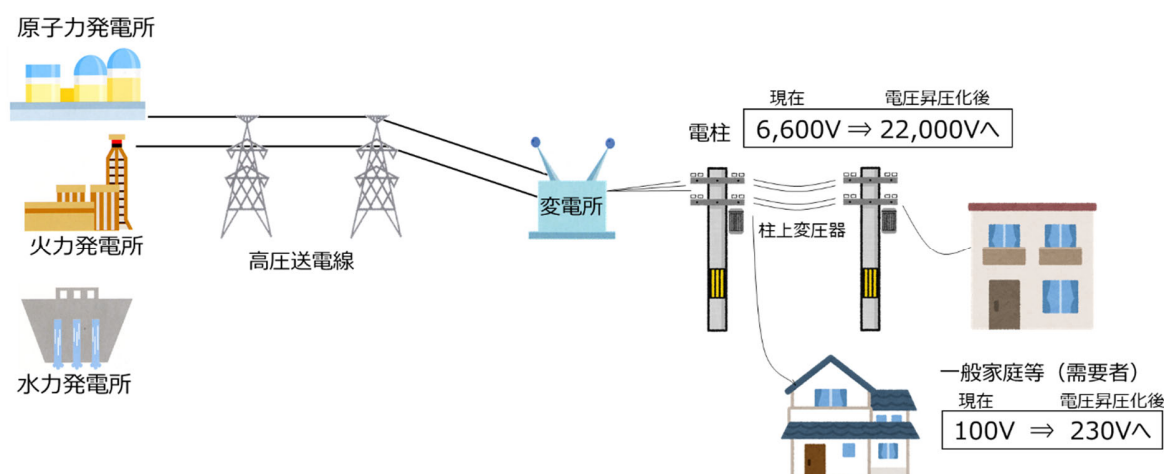
も老朽化などの問題を抱えている。特に台風や地震といった自然災害が多発する日本では、発電所・変電所、送配電網の強靱化は避けては通れない。2019年9月、千葉県に上陸した台風15号は最大瞬間風速57.5メートルを観測し、送電鉄塔が倒壊、倒木により電柱と配電線が切断されるなどで広域での停電が発生し、修復まで相当程度の時間が掛かるなど地域社会に大きな影響をもたらしている。

経済産業省は「電力レジリエンスワーキンググループ」を設置し、災害対応に係る検証と今後の対策の検討を行い、2019年11月「中間論点整理」を公表した。この「中間論点整理」では、電力ネットワークの強靱化の必要性を指摘し、①鉄塔・電柱の技術基準見直し、②無電柱化（地中化）の推進、③送配電網の強靱化・スマート化などを挙げている。日本の電力システムの強靱化に向けては、これらの対策のほかに、「配電電圧昇圧化」という手段がある。この配電電圧昇圧化とは何か？

### 配電電圧昇圧化のメリットとデメリット

配電電圧昇圧化とは、現在、発電所から送配電網を経由して、徐々に電圧を下げ電柱から家庭に送り届けられている「電圧を上げる」ことである。配電電圧昇圧化の対象には2つあり、街の中に張り巡らされている電柱の電線電圧を現在の6,600Vから22,000Vに昇圧化すること、および家庭で利用する電圧を100Vから230Vにすることである（図表3）。配電電圧の昇圧化については、戦後ながらく議論されてきたが、生活に不可欠な社会インフラで及ぼす影響が大きいことから、着手されることなく現在に至っている<sup>4</sup>。現在、100Vの配電電圧を使用している先進国は日本だけで、米国が120Vとなっているほかは、配電電圧の世界標準である22,000V/200~230V（電柱電線の電圧/家庭の電圧）をおおむね採用している。

図表3 電線電圧と配電電圧昇圧化



出所：三井物産戦略研究所作成

<sup>4</sup> 戦後の経済復興期において旺盛な電力需要と電力利用の効率化を図る目的で、電柱の電圧を3,300Vから現在の6,600Vに昇圧化している。

この配電電圧昇圧化のメリットには、①電力供給量の拡大、②電力損失の低減が挙げられる。電力の供給量は、同じ太さの電線の場合、100Vと230Vの電圧で比較すると、230Vでは100Vの約5.3倍の電力を供給できる。また、電圧を上げることで電力の損失を低減することが可能である。電力損失は電圧の2乗に反比例して低減できるとされ、電力損失の低減は、配電網に設置されている配電系統損失低減装置や電圧調整装置などの設備の簡素化につながる。これは、電力システム全体で維持管理する設備を少なくし、保守コストなどを削減できるとともに送配電網を強化する効果が期待できる。また、電柱の電線電圧を22,000Vに昇圧化すると前節「電力システムと送配電網の強靱化」で述べた、中間変電所の22,000Vを配電変電所で6,600Vに電圧を下げる必要がなくなるため、配電変電所を実質的に不要とすることが可能である。これも送配電網を強化し、前述のとおり電圧を上げることで電力損失を低減し電力供給能力を拡大できるので経済的メリットも大きいとされている<sup>5</sup>（図表4）。さらに冒頭でも述べたとおり、二酸化炭素排出量の削減効果が期待される。

**図表4 配電電圧昇圧化のメリット／デメリット**

|                       |            |                                    |
|-----------------------|------------|------------------------------------|
| メ<br>リ<br>ッ<br>ト      | 電力供給量の拡大   | 電圧230Vの場合、100Vの約5.3倍の電力供給量         |
|                       | 電力損失の低減    | 電圧の2乗に反比例して電力損失を低減                 |
|                       | 送配電網の簡素化   | 電線電圧の昇圧化で配電変電所を廃止可能                |
|                       | 二酸化炭素排出量削減 | 過去の試算によれば年間500万トン <sup>注1</sup> 削減 |
| デ<br>メ<br>リ<br>ッ<br>ト | 莫大な投資      | 過去の試算によれば1兆5,300億円以上 <sup>注2</sup> |
|                       | 長期間のプロジェクト | 15年から20年の長期にわたるプロジェクト              |
|                       | 家電製品の買い替え  | 最終的に230V対応製品に置き替える必要あり             |
|                       | 全国民・企業への影響 | 電気を使う全ての需要者に影響を及ぼす                 |

注1 本文脚注5参照

注2「新エネ導入CO<sub>2</sub>削減に貢献する配電電圧昇圧化の意義」（2009年、OHM社）

配電電圧昇圧化による設備更新増加費は15年から25年の事業で1兆300億円以上。その他の一時的な移行対策費用は5,000億円程度

出所：三井物産戦略研究所作成

一方で、配電電圧昇圧化のデメリットは、莫大な投資（2009年の試算では1兆5,300億円以上：図表4注2参照）が必要となる点と、100Vに対応した家電製品の230V対応製品への置き替えが必要となる点である。配電電圧を昇圧化した後も、コンセントと家電製品の間に簡易の変圧器をかませることで移行期間中の対応は可能であるが、最終的には230V対応の家電製品の買い替えとなる点がネックとなり、過去の配電電圧昇圧化の議論では結論が出なかった。しかし、配電電圧昇圧化により調理時間の短い調理器、超高速・強

<sup>5</sup> 過去の配電電圧昇圧化議論（「新エネ導入CO<sub>2</sub>削減に貢献する配電電圧昇圧化の意義」2009年、OHM社）では、日本全体の電力消費量の1%弱に相当する年間70億kWhの省エネ効果があるとされ、二酸化炭素排出量削減効果は年間500万トンなど試算がある。

力な食器洗浄機、洗濯機・乾燥機、パワフルなエアコン、急速冷凍ができる冷蔵庫など生活の利便性が向上することは論を待たない。また、配電電圧が国際標準になることで、国内の電機業界が製造する家電製品を国内向けと海外向けに分ける必要がなくなり、製品統一、部品調達などの相乗効果により製品コストの低減につながる。

また、もし仮に配電電圧昇圧化を実施する場合には、15年間から20年間の長期でのインフラ整備が提言されており、短期間での配電電圧昇圧化シフトによる混乱を避け、徐々に無理なく100V対応の家電製品から230V対応の製品へと移行することが配慮されることとなる。重要な点は、家電製品の買い替えに際して、国内産業の振興の観点から、日本製品を優遇するための措置を政府が立案・実行することである。230V対応製品の生産へ移行する日本企業へは税制面での優遇策を設け、国民に対しては、例えば銀行口座に紐づいたマイナンバーカードを利用して日本製品を購入する場合には、大幅な割引が行われ、その割引金額は速やかに所定の口座に振り込みが行われるようにするなど、今後のデジタル化の推進拡大にも資する重層的な政策の実行が必要である。

## まとめ

2020年4月に電力会社から送配電事業が法的に分離され、電力システム改革は予定されていた一通りの制度的な施策を完了した。ただ、電力システムの強靱化など物理的な施策は道半ばである<sup>6</sup>。一方、政府は、カーボンニュートラルを2050年までに達成するとの目標を世界に示した。これにより、電力業界においては、送配電網の強靱化を今後も継続して実施しなくてはならない。その際、いかに国民負担を抑制しつつ、次世代の電力システムへ転換していくかが大きな課題として立ちはだかっている。そして、新型コロナウイルスの世界的蔓延により打撃を受けた経済の再生を期する今、電力インフラを強靱化する公共的インフラ投資を行うには絶好の機会ではないだろうか。このような日本全土の電力需要者を対象とする長期投資は、有効需要を生み出し、地域社会にも波及する効果的な経済対策となる可能性がある。

<sup>6</sup> 2020年6月に成立・公布された「強靱かつ持続可能な電気供給体制の確立を図るための電気事業法等の一部を改正する法律」により電気事業法が改正され、既設の送配電事業者の送配電網を利用し、新規参入事業者が配電事業を行える配電事業制度（2022年4月施行）などの施策が検討されている。

当レポートに掲載されているあらゆる内容は無断転載・複製を禁じます。当レポートは信頼できるとされる情報ソースから入手した情報・データに基づき作成していますが、当社はその正確性、完全性、信頼性等を保証するものではありません。当レポートは執筆者の見解に基づき作成されたものであり、当社及び三井物産グループの統一した見解を示すものではありません。また、当レポートのご利用により、直接的あるいは間接的な不利益・損害が発生したとしても、当社及び三井物産グループは一切責任を負いません。レポートに掲載された内容は予告なしに変更することがあります。