

2023/1/12 (木)
易しい科学の話

[ウクライナ各地、ロシアが砲撃 1千万人以上が電気失う - BBCニュース](#)

ウクライナ各地、ロシアが砲撃 1 千万人以上が電気失う

2022年11月18日



ウクライナであった爆発の映像(宙載カメラによる撮影)

電力設備への攻撃で困るのはなぜ？

発電所から、各地へ電力を送る方法

交流か、直流か？

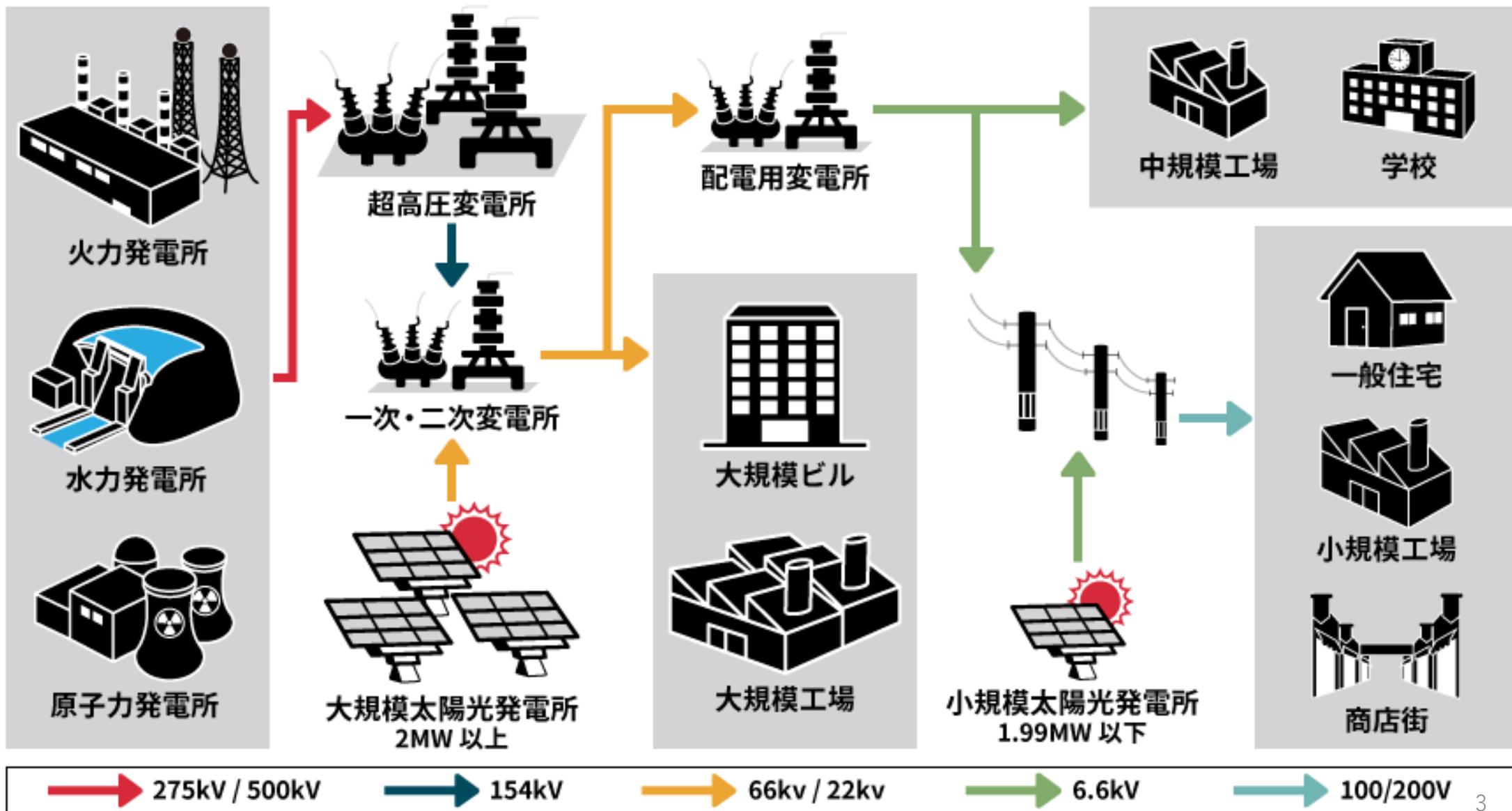
高電圧にするのはなぜ？

停電しないようにする仕組みってあるの？

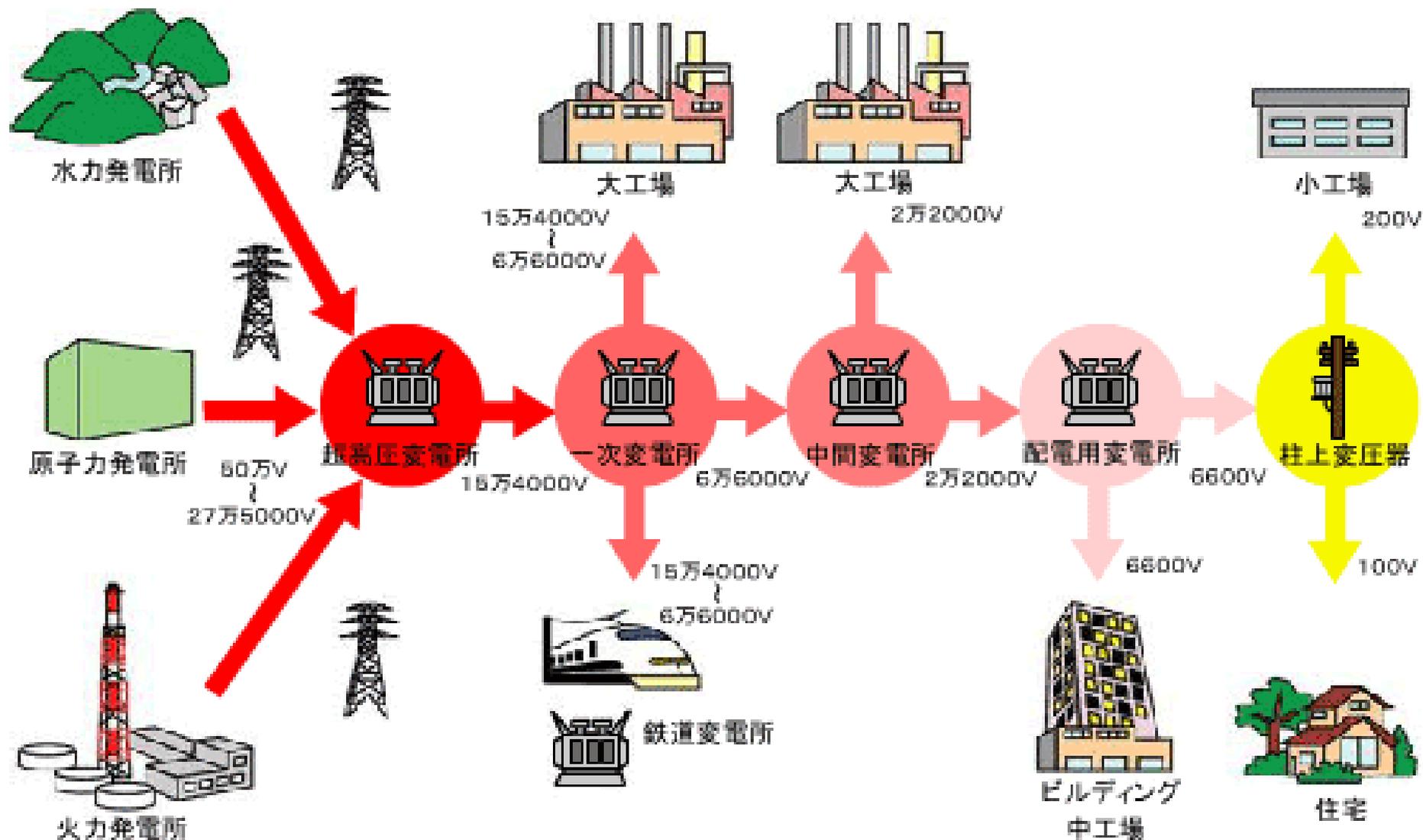
変電所ってどんな役割があるの？

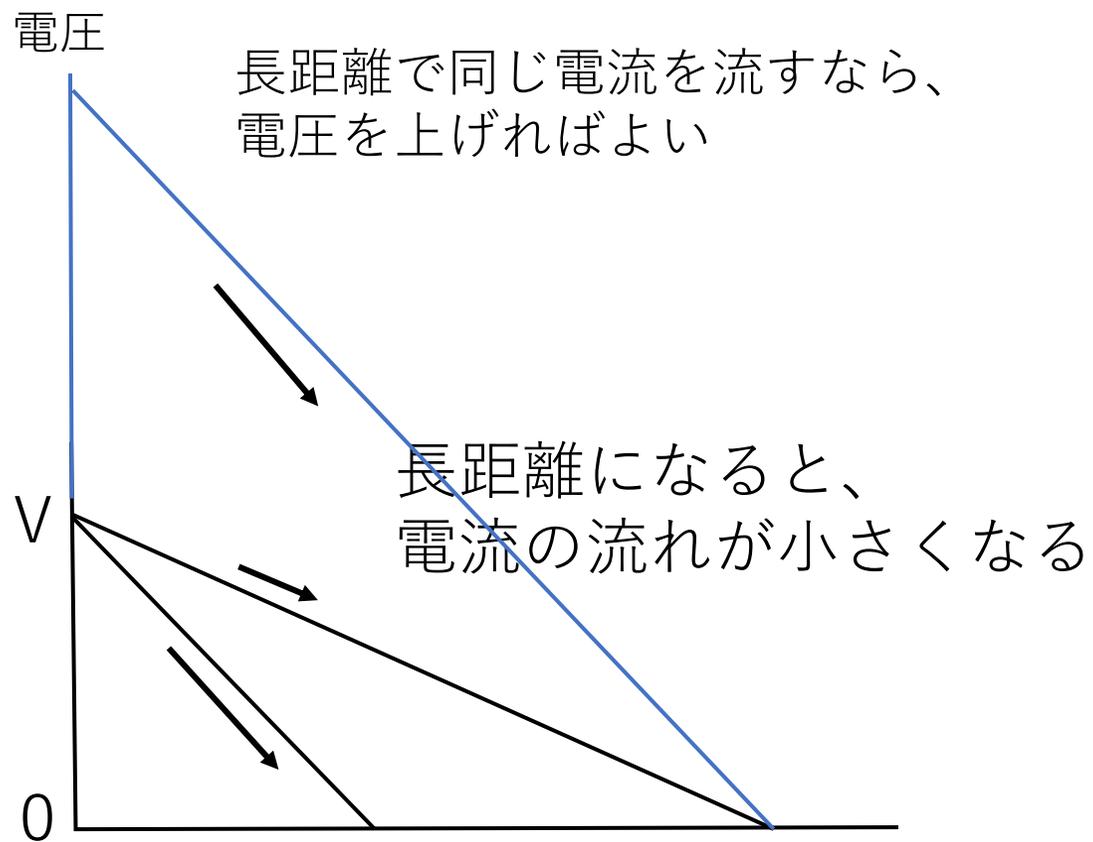
電気を送る仕組みは、荷物を輸送す仕組みとに似ている？

電力の送り方



電力の送り方





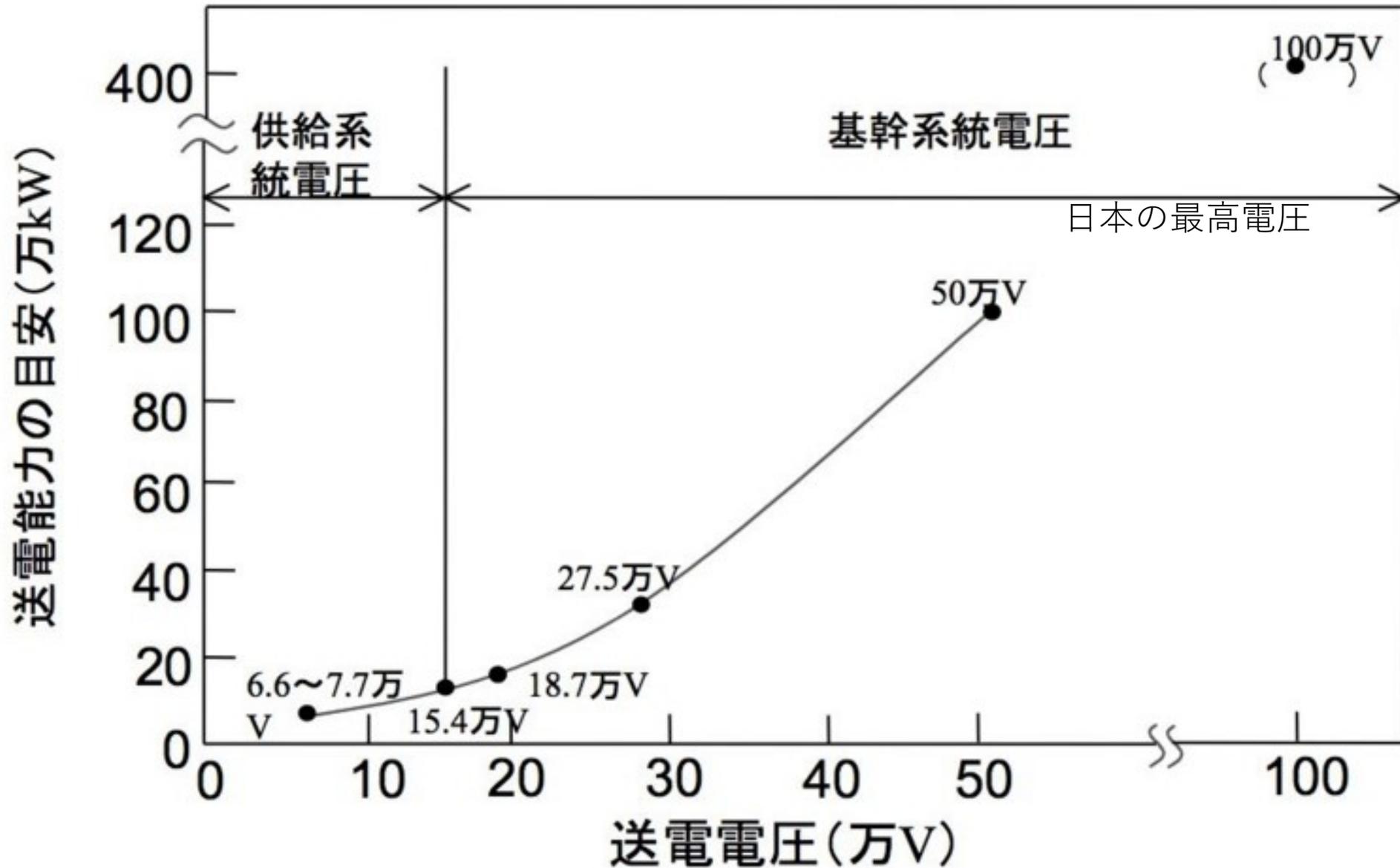
短距離だと、
大きな電流
が流せる

送電距離



大電力の輸送は、高電圧で

中國の
最高電圧は
100万V

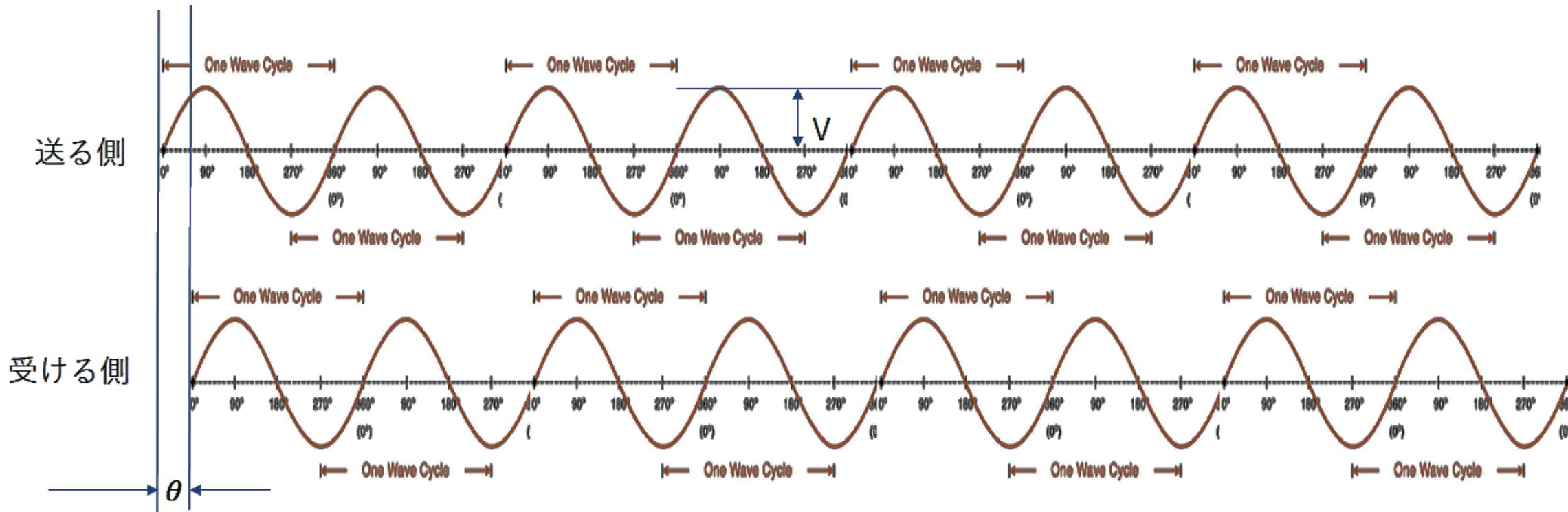


送れる電力 P

送るときの電圧 V

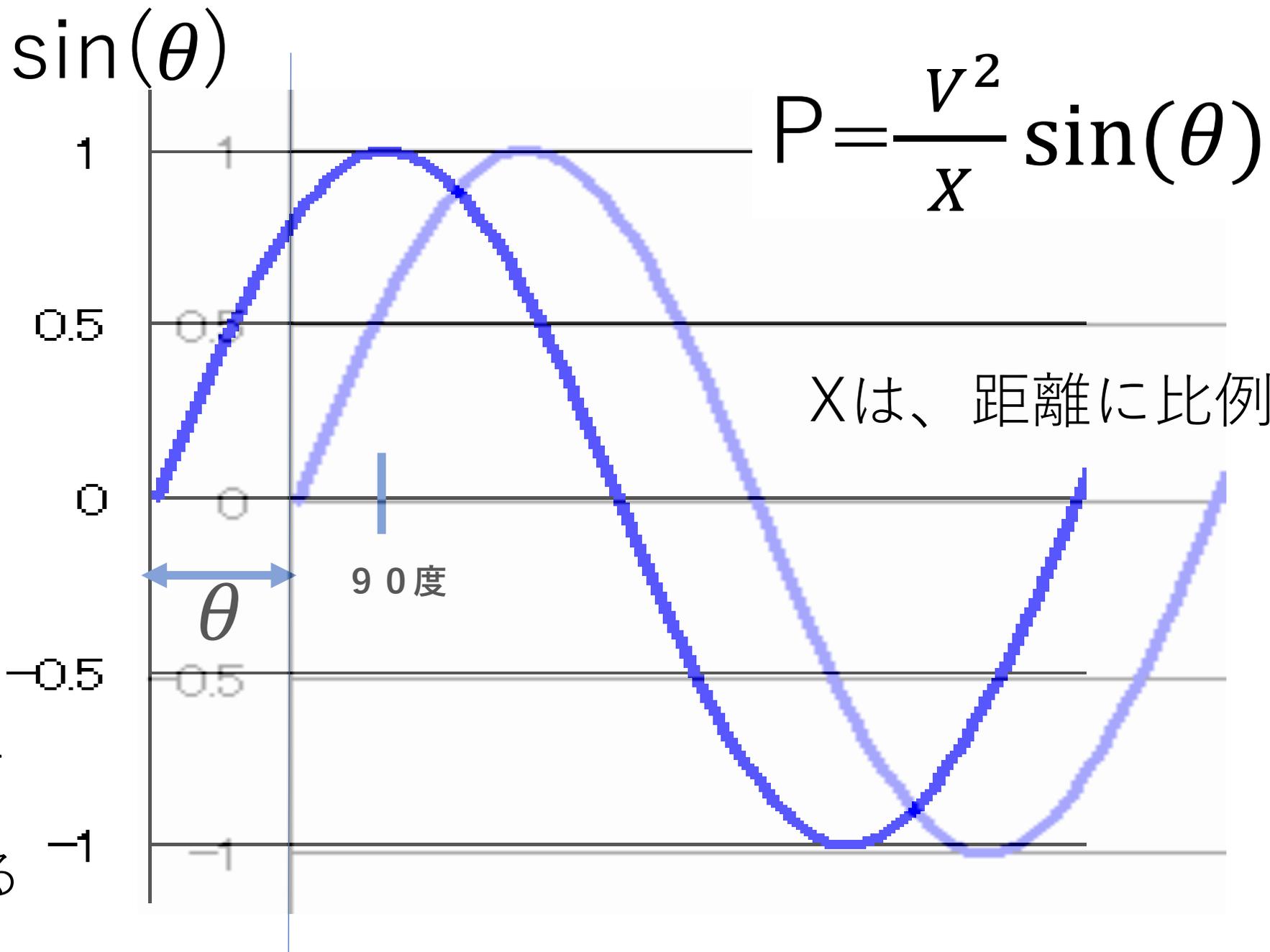
$$P = \frac{V^2}{X} \sin(\theta) \quad \text{位相差 } \theta$$

送電線の（交流）抵抗 X



θ	$\sin(\theta)$
0	0
30	0.5

位相差 θ を変えて
送る電力を変える



送電を高電圧にする理由

$P=V \times I$ 高い電圧にすると電流を減らせる
電流を減らすと、電線の温度を下げられる。
電力のロスを減らせる。

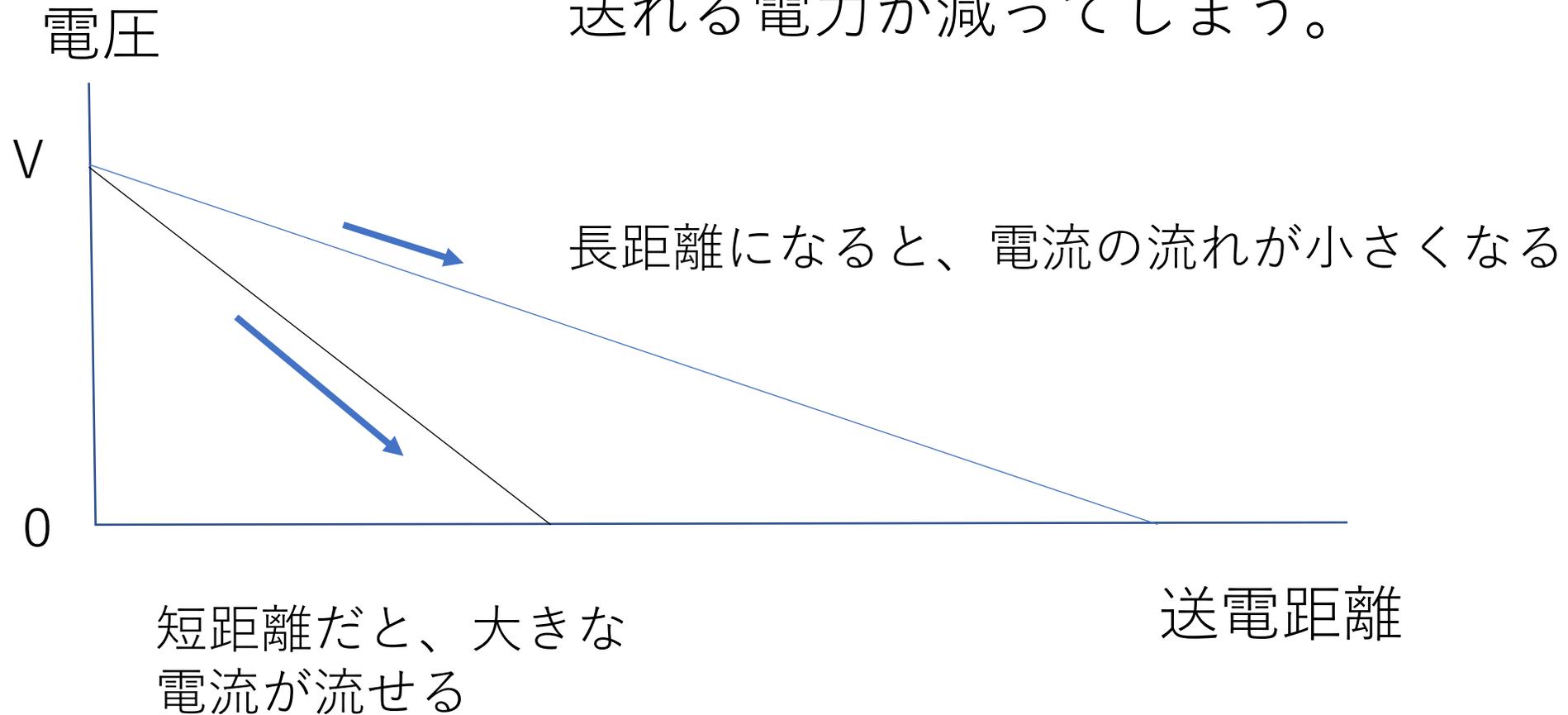
$$P_r = I^2 R$$

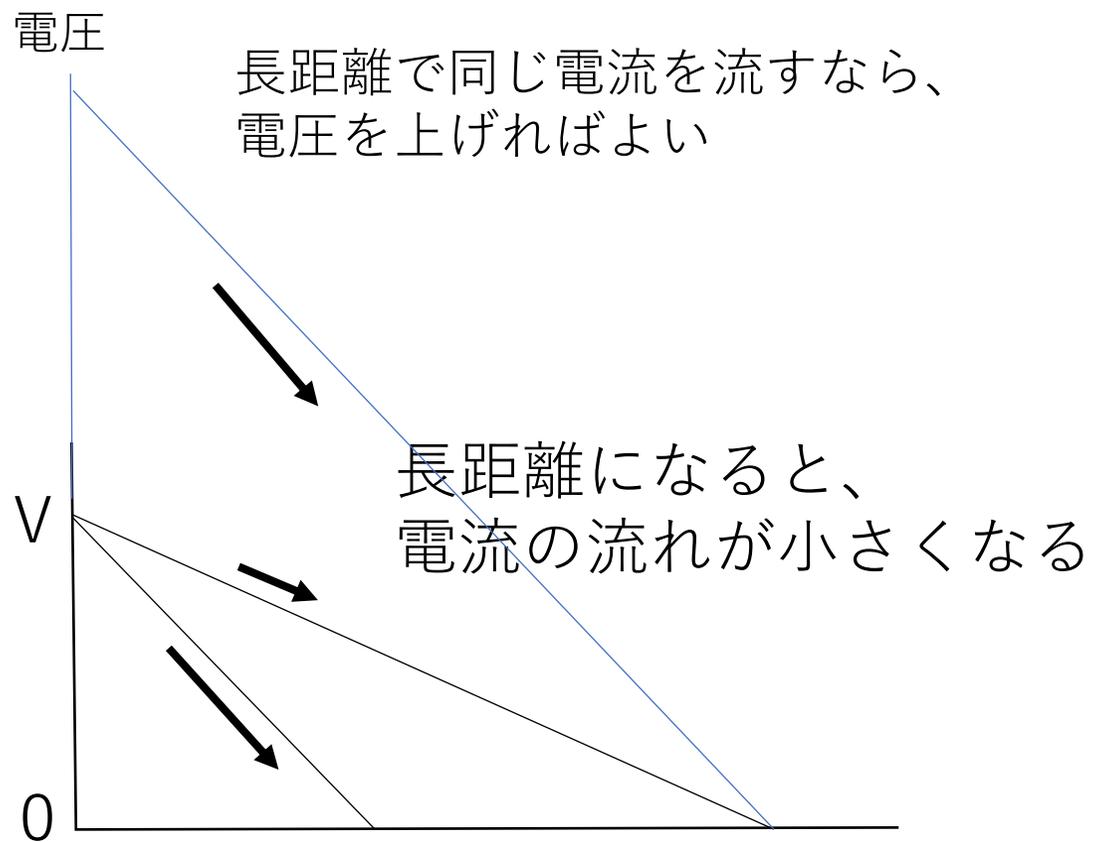
P_r : 失われる電力(W)

I : 電流の強度(A)

R : 抵抗(Ω)

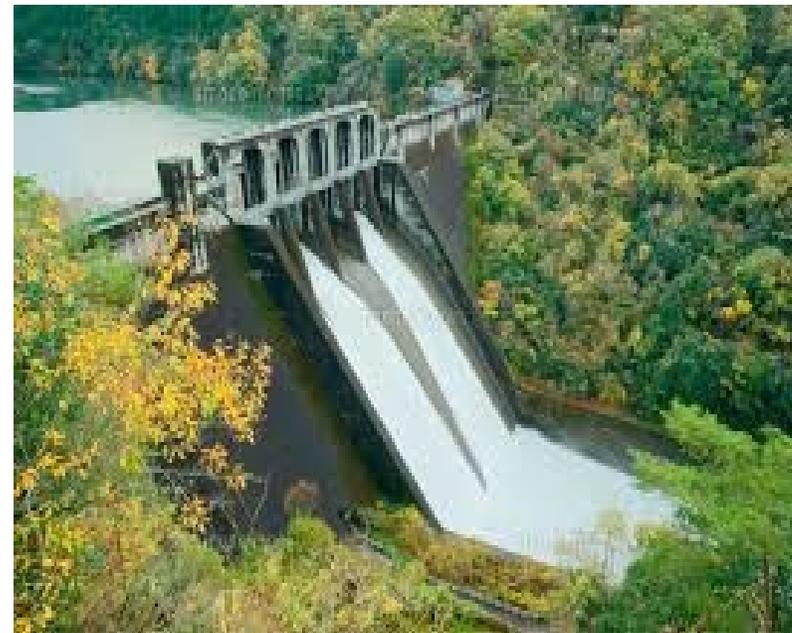
同じ電圧でも、
送電距離が長くなると電流が減って、
送れる電力が減ってしまう。

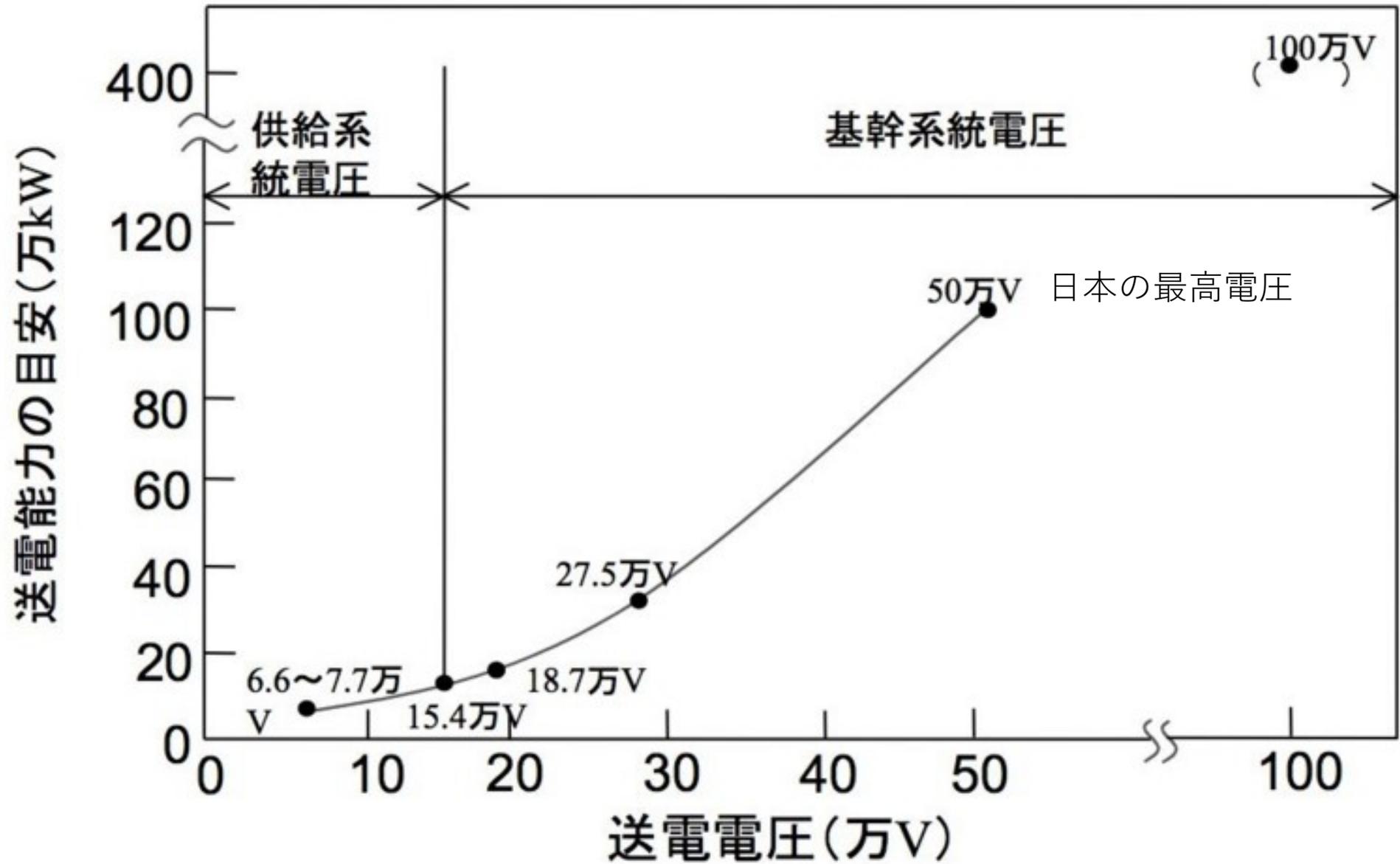




短距離だと、
大きな電流
が流せる

送電距離





中國の最高電圧

日本の最高電圧



日本の送電電圧階級

50万ボルト

27万5000ボルト

15万4000ボルト

6万6000ボルト

2万2000ボルト

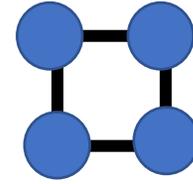
6600ボルト

200/100ボルト

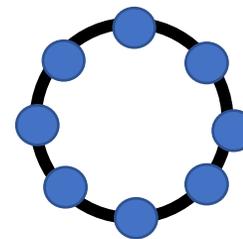
送電電圧は、電線を見ると分かる
電線が **2本一組**は、
27万5000ボルト



電線の断面



電線が **4本**一組は、
50万ボルト



電線が 8本一組は、
100万ボルト

変電所とは

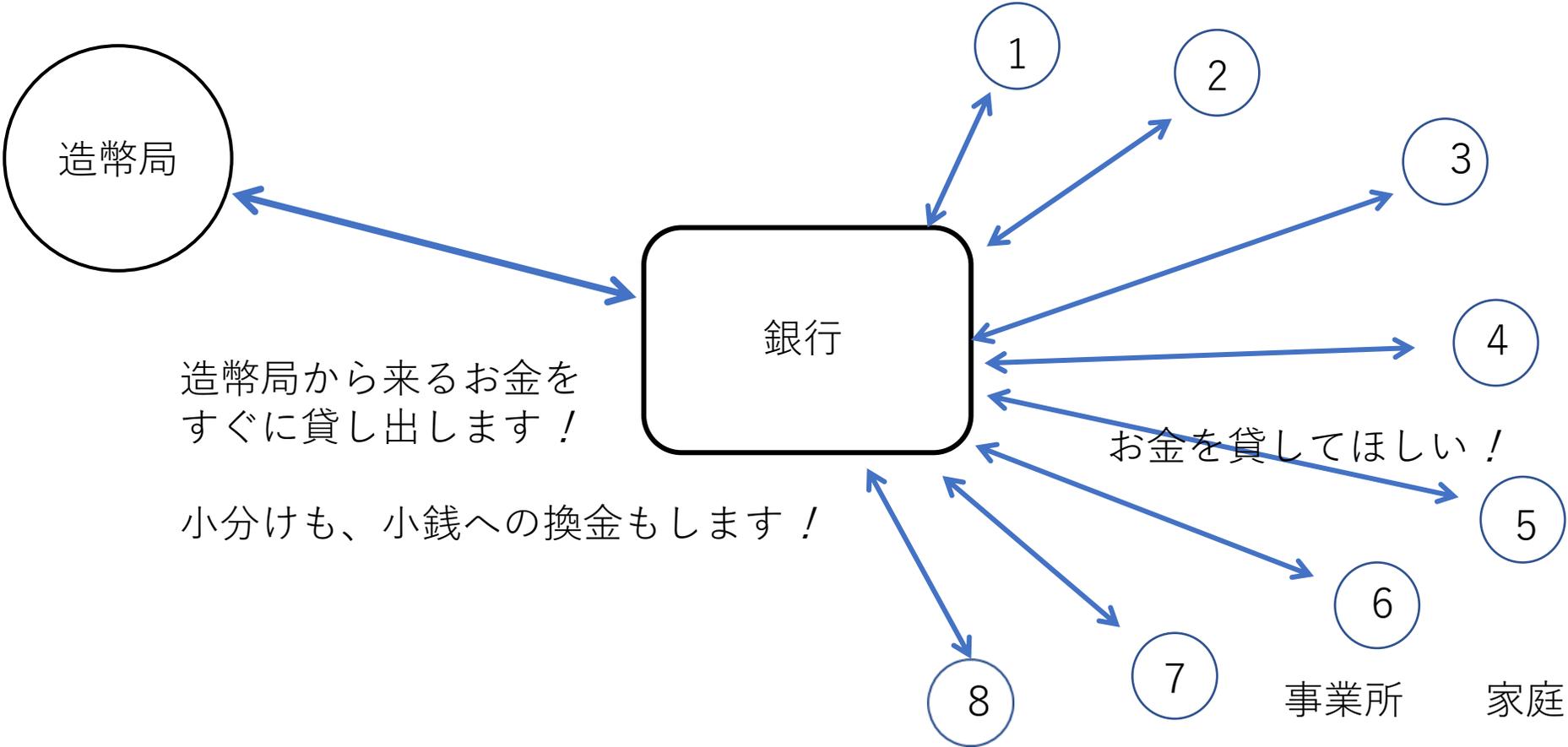
電圧を変える場所

道路交通に例えれば、高速道路のインターのようなもの。高速度で走ってきた車を、低速で走る国道や、県道に降ろすようなもの。

いろいろな場所からの電力を集め、次の変電所に電力を送る場所

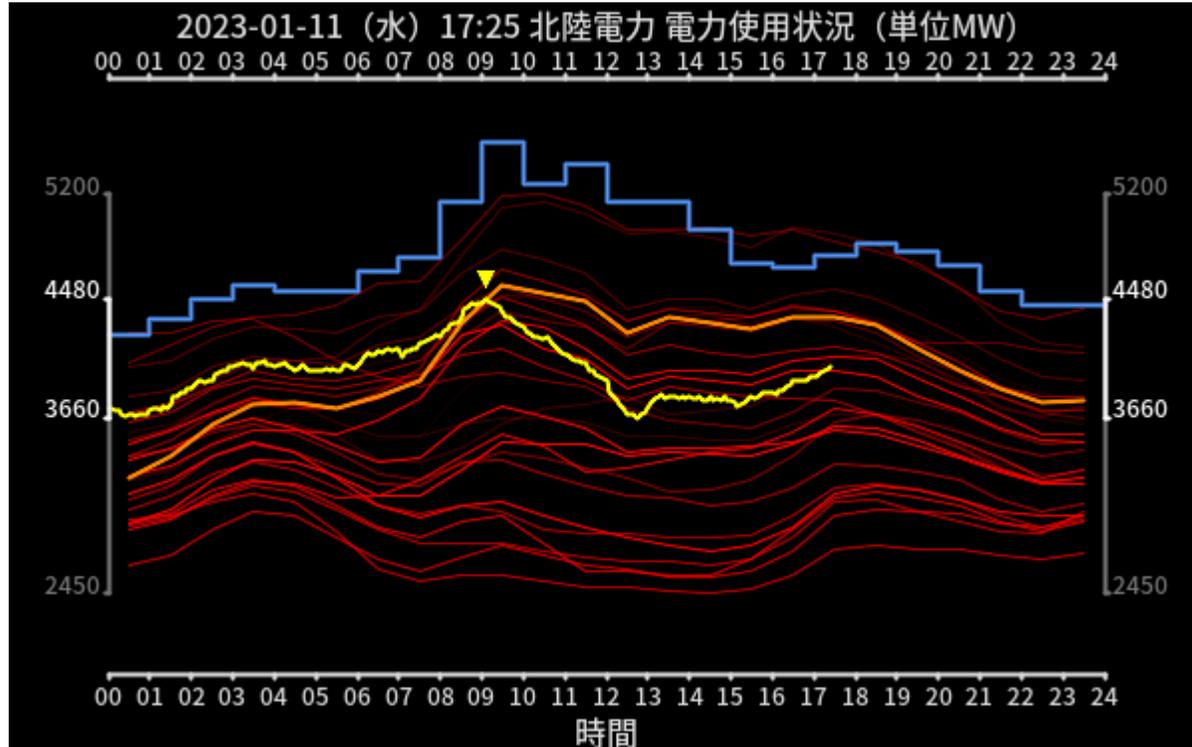
(お金をプールしない) 銀行のような役割。
いろいろな人から、瞬時にお金を集め、
(預金残高がない) お金の必要な人に貸す。

すぐに、どーんとお金を渡します！

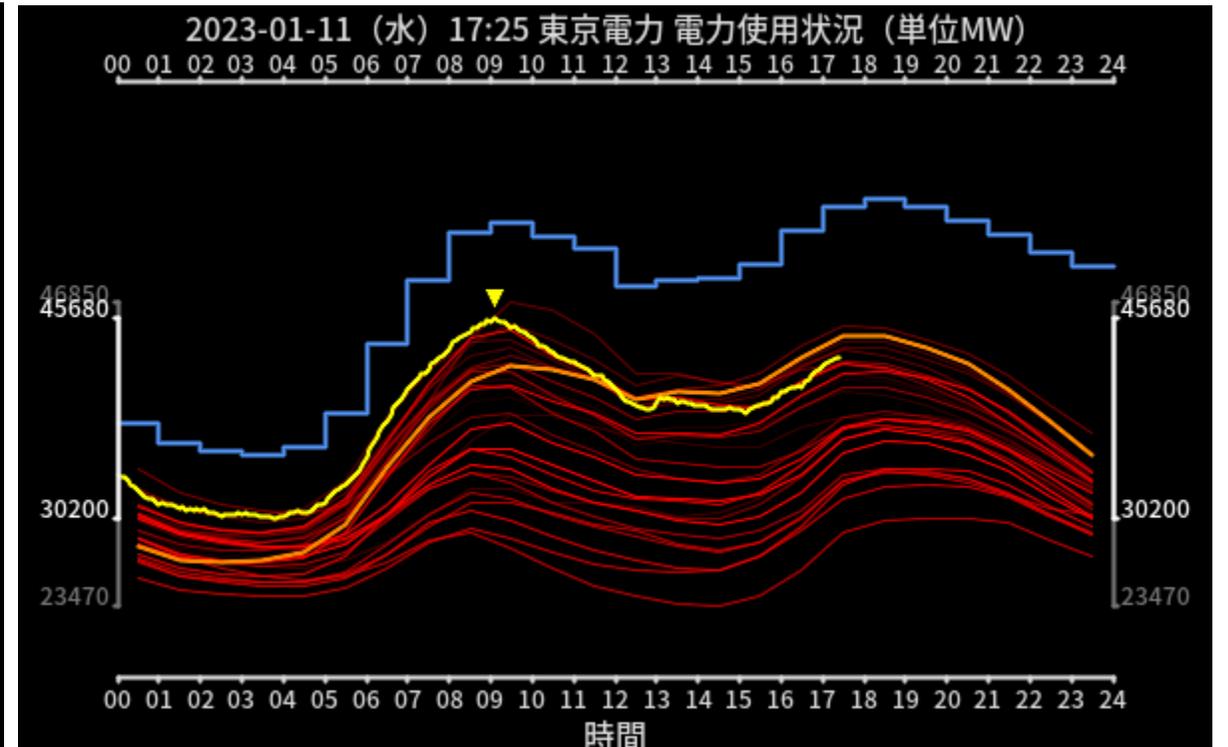


一日の電力使用量の状況

北陸電力



東京電力



赤い線

橙色の線

黄色い線

青線

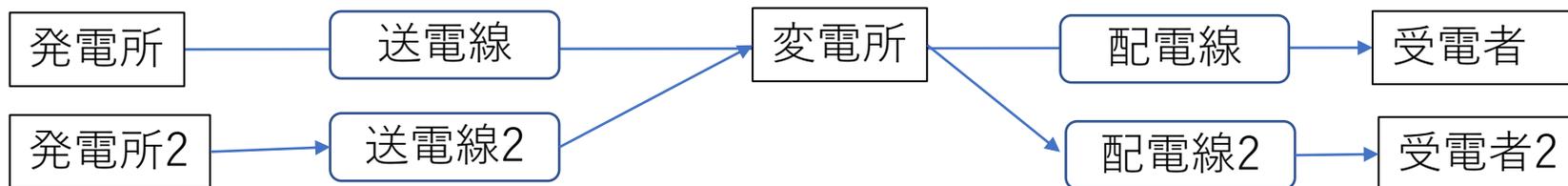
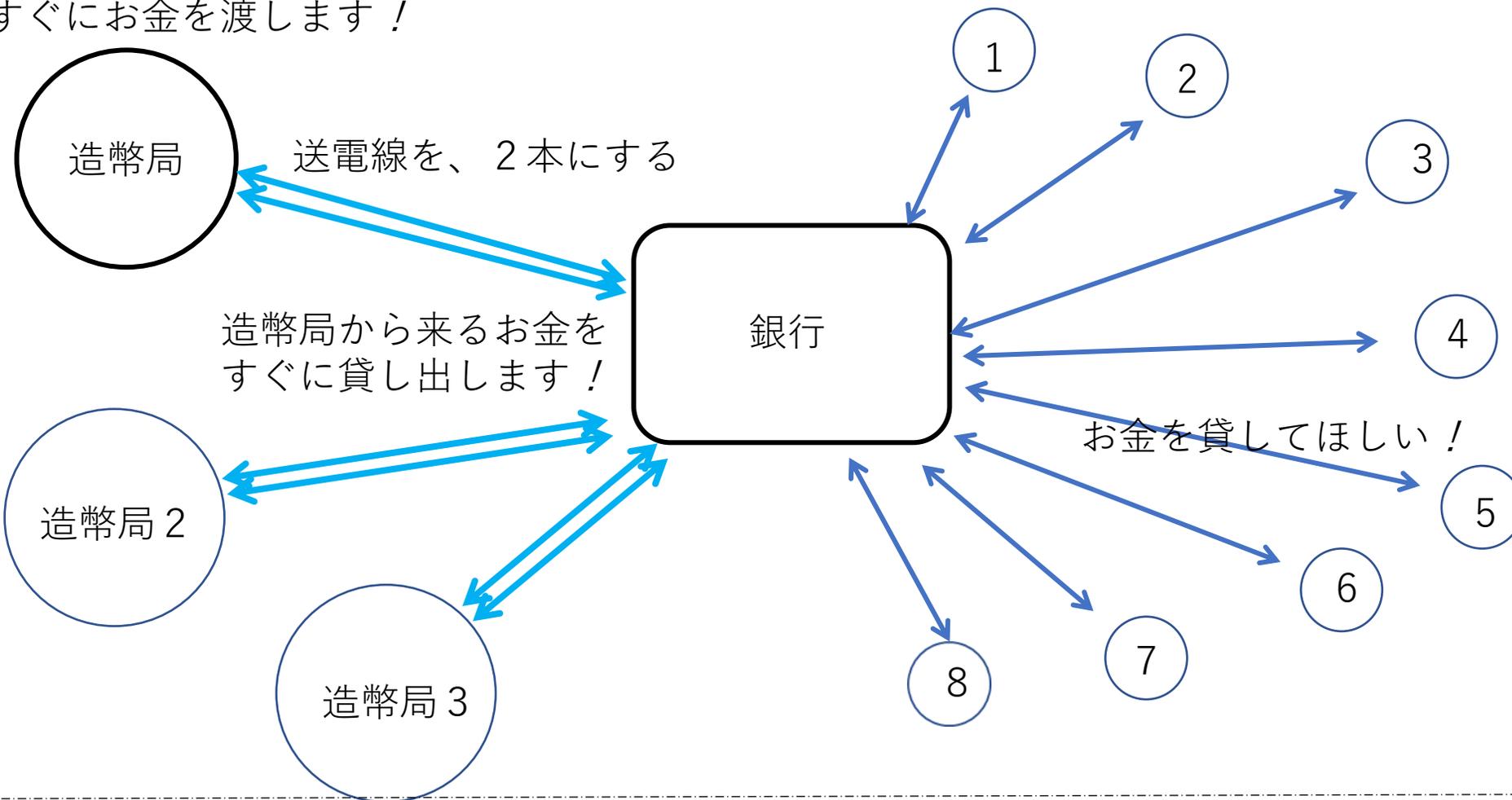
過去30日のデータ

昨日のデータ

今日のデータ

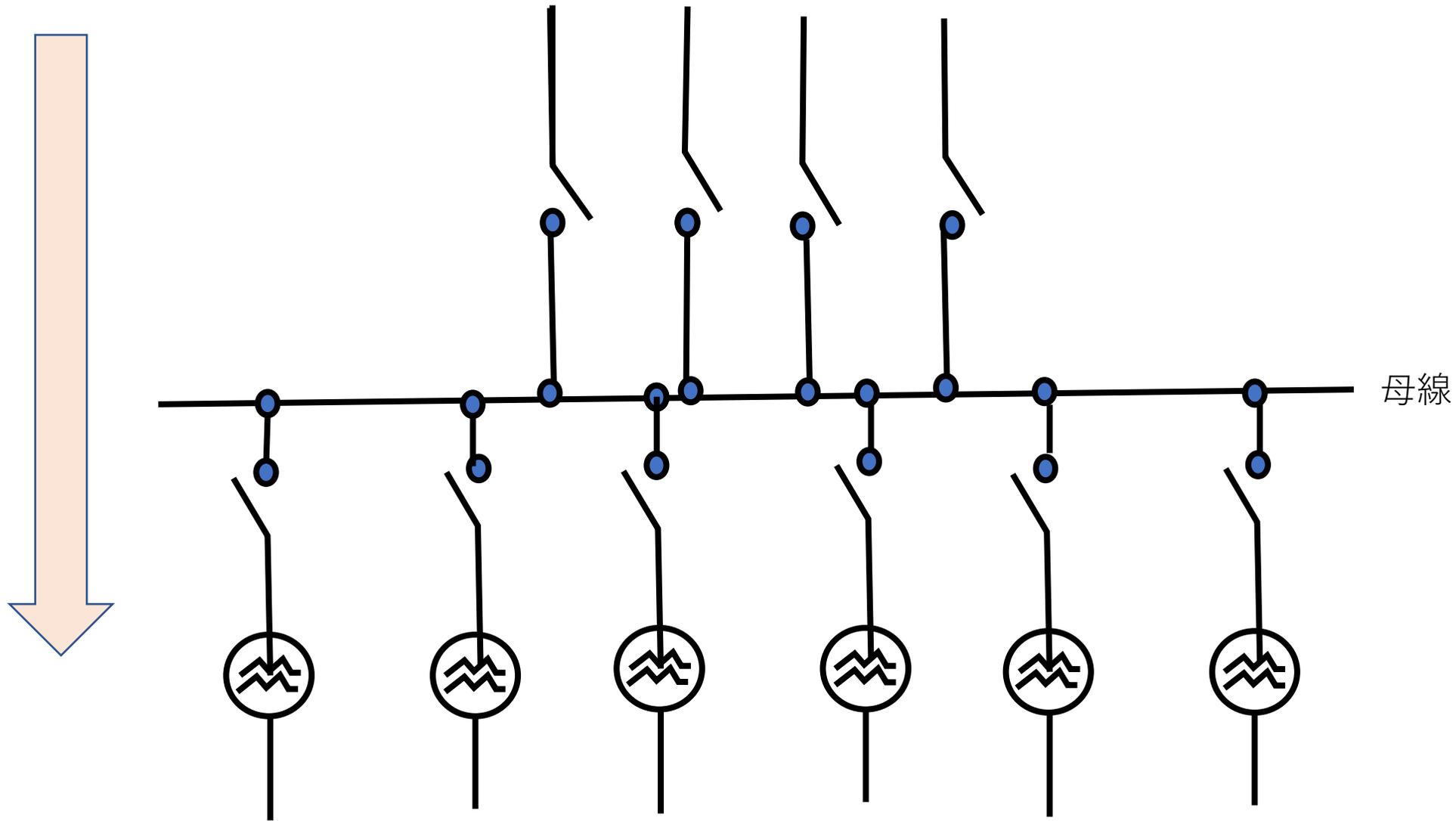
1時間ごとの供給力想定値

すぐにお金を渡します！



電気の流れ

発電所や上位変電所からの送電線



電圧を落として、下位変電所へ

変電所が攻撃されると困るのは？

変圧器（電圧を上げ下げする装置）は、巨大。装置の中には、電気絶縁用のオイルが充満。破壊され、油が漏れると大火災。

何百トンもの重量の変圧器の修理や生産には、半年を超える日時が必要。

変圧器がないと、電圧の変換ができないので、需要者まで、電気を届けられない。

停電が長期化する！！

複数の送電線（ルート）から来る電気をいったんまとめて、次の下位の複数の変電所に電気を送る変電所の全景





北陸電力 北の庄変電所

スカットランド
の川向うにある

[Google Earth](#)

北陸電力 北の庄変電所



北陸電力 北の庄変電所



上北変電所（東北電力）



上北変電所（東北電力）

外部から入ってくる送電線

外部へ出ていく送電線



変電所の母線や 遮断器の複合機器

変圧器

変電所にある変圧器は、このように巨大な装置





ウクライナの変電所



2022/5/4

ロシア軍によるとみられる変電所への攻撃で火災
周辺地区の電気と水道の供給網が破壊

反転攻勢のカギは「鉄道」

運行守る職員 100人以上が犠牲

State Emergency Service of Ukraine in Lviv Oblast

先月25日

クラスネ



変電所・橋を攻撃





2022/5/4 19:07



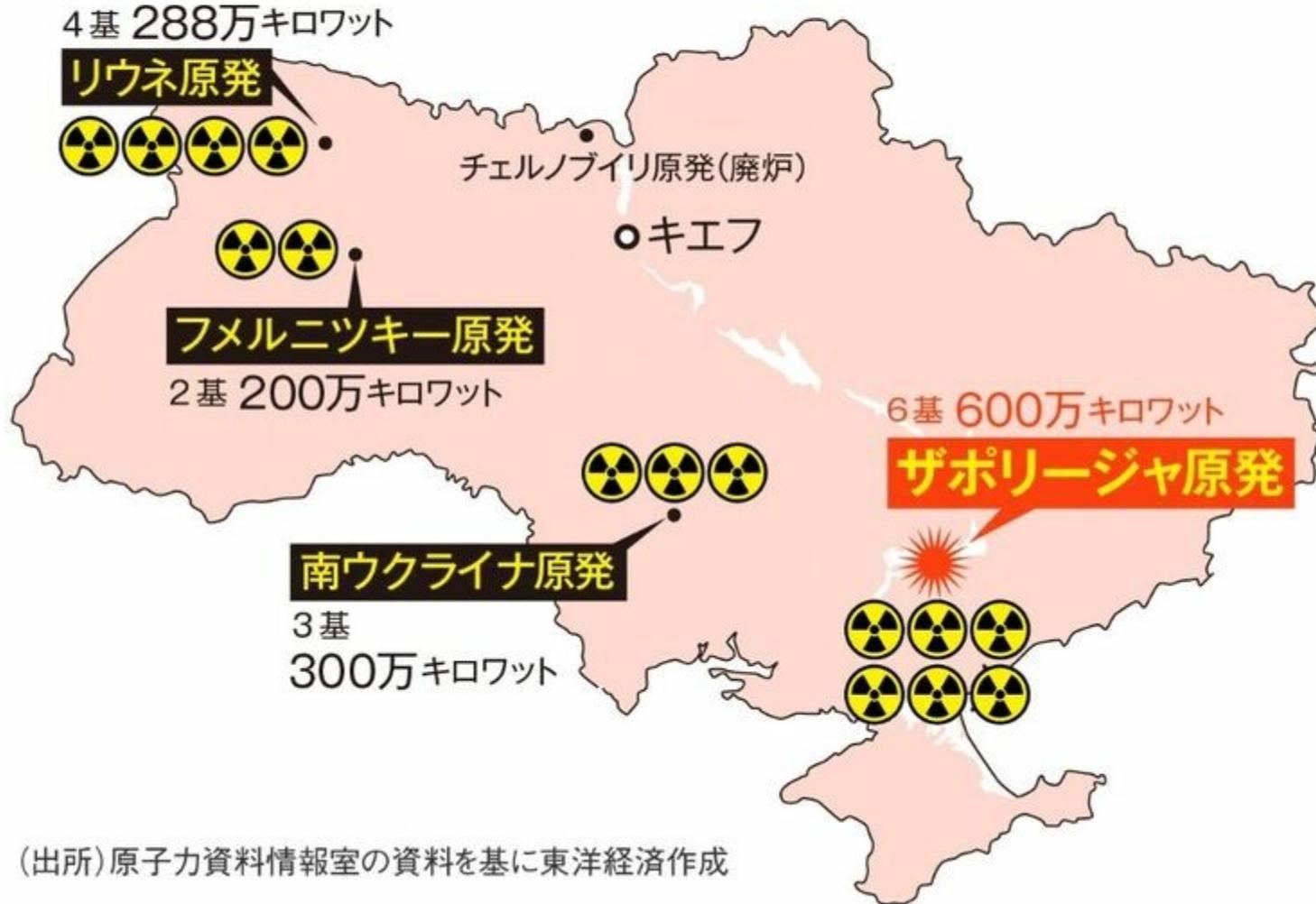
ウクライナ西部リビウで、ロシア軍のミサイル攻撃を受けた変電所の消火作業 = 3日 (ロイター = 共同)



11月2日、ウクライナ西部リビウで、ミサイル攻撃を受けた変電所で消火作業をする消防隊員（ロイター＝共同）



■ ザポリージャ原発には6基の原子炉が集中 —ウクライナの原発の位置関係—

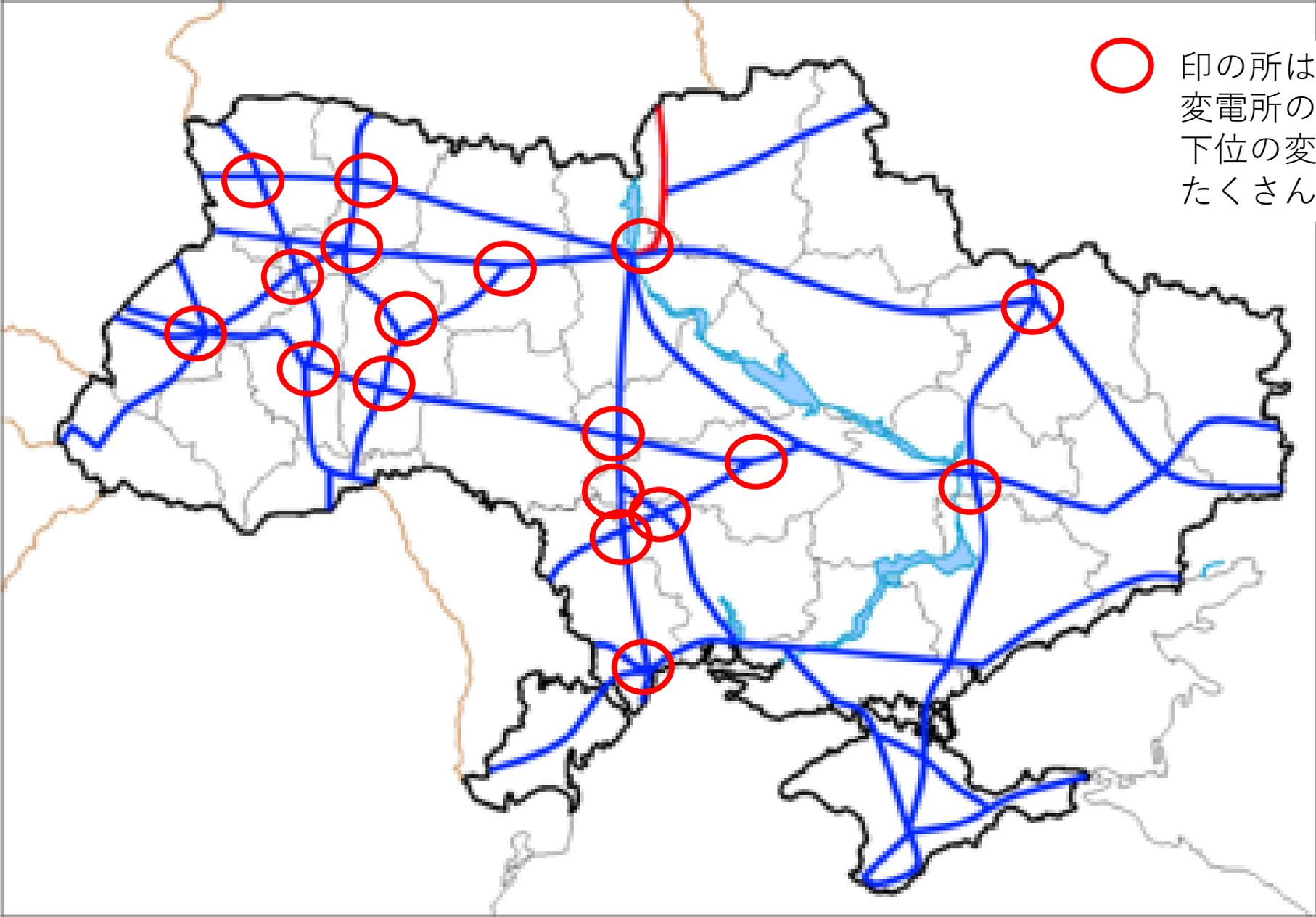


(出所)原子力資料情報室の資料を基に東洋経済作成



ウクライナの発電所

ウクライナの電力網



○印の所は、大きな変電所のあるところ。下位の変電所はもっとたくさんある。

夕暮れ (ウクライナ oblenergo) 高電圧分布送電線鉄塔のパノラマ



[「ウクライナの変電所」の検索結果 - Yahoo!検索 \(画像\)](#)

● 全国基幹連系系統 (2014年7 月末現在)

- 50万V送電線
- 15.4~27.5万V送電線
- ⋯⋯ 直流連系線
- 主要変電所、開閉所
- 周波数変換所 (F.C.)
- 交直変換所

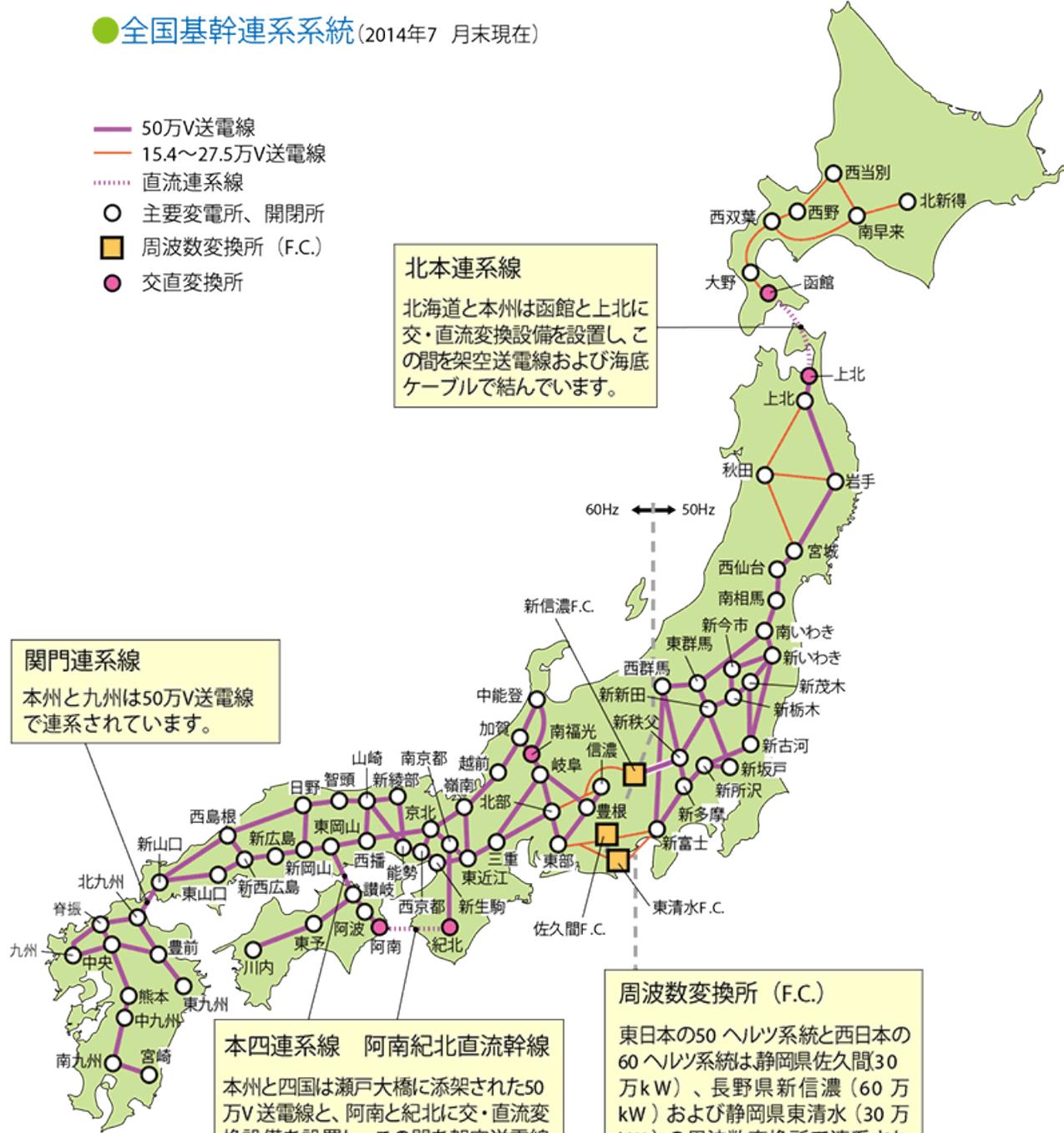
北本連系線
 北海道と本州は函館と上北に交・直流変換設備を設置し、この間を架空送電線および海底ケーブルで結んでいます。

関門連系線
 本州と九州は50万V送電線で連系されています。

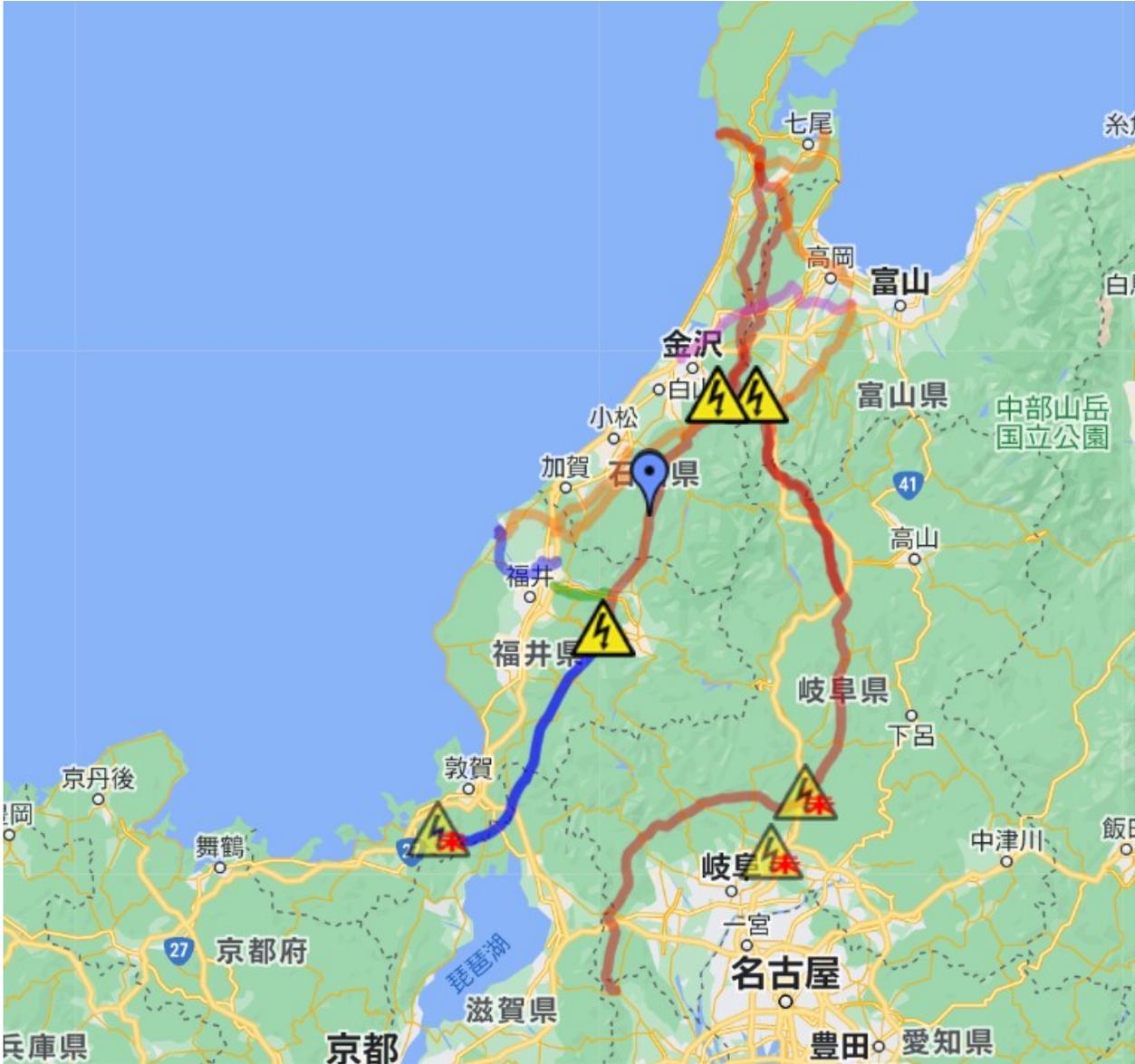
60Hz ↔ 50Hz

周波数変換所 (F.C.)
 東日本の50ヘルツ系統と西日本の60ヘルツ系統は静岡県佐久間(30万kW)、長野県新信濃(60万kW)および静岡県東清水(30万kW)の周波数変換所で連系されています。

本四連系線 阿南紀北直流幹線
 本州と四国は瀬戸大橋に添架された50万V送電線と、阿南と紀北に交・直流変換設備を設置し、この間を架空送電線および海底ケーブルで結んでいます。



北陸電力の電力網



電力設備への攻撃で困るのはなぜ？

発電所から、各地へ電力を送る方法

交流か、直流か？

高電圧にするのはなぜ？

停電しないようにする仕組みってあるの？

変電所ってどんな役割があるの？

電気を送る仕組みは、荷物を輸送す仕組みとに似ている？

終わり

吉岡 芳夫