



2023年度委託成果報告書

令和5年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業（EVやEV充電器の系統への影響に関する調査）

一般財団法人 電力中央研究所

2024年3月15日

 電力中央研究所

目次

1. はじめに
2. 解析モデルの作成
3. シミュレーションによる評価
4. まとめ

1. はじめに
2. 解析モデルの作成
3. シミュレーションによる評価
4. まとめ

目的

EVは、2050年カーボンニュートラルの実現に向けた重要な選択肢の1つであり、政府もEVの導入を促進している。また、EVの蓄電池としての特性を再生可能エネルギー（以下、再エネ）の出力制御抑制策の一つとして活用できる可能性があり、中長期的には、再エネ導入を促進するための調整力としても活用できる可能性がある。

一方で、EVの普及に伴い、普通充電器や急速充電器の配置によっては、局所的に電力需要が増加するため、電力系統に負荷が集中し系統容量を超過するなど、系統への影響が想定される。

こうした事態を踏まえて、EV充電による配電系統への影響として、

- ① 系統混雑（設備容量の超過）
- ② 電圧変動（常時の電圧変動）
- ③ 電圧変動（短時間の電圧変動）

の3つを想定してシミュレーションによる評価・分析を行い、有効な対策の検討をすることを目的とする。

評価・分析方法

将来のEV普及時の充電需要カーブを含めた解析モデルを作成し、配電システムのシミュレーションによる評価・分析を行う。

解析モデルの作成

EV充電需要カーブの作成

交通シミュレーション
(普通充電) 充電器利用データ
(急速充電)

配電システムモデルの作成

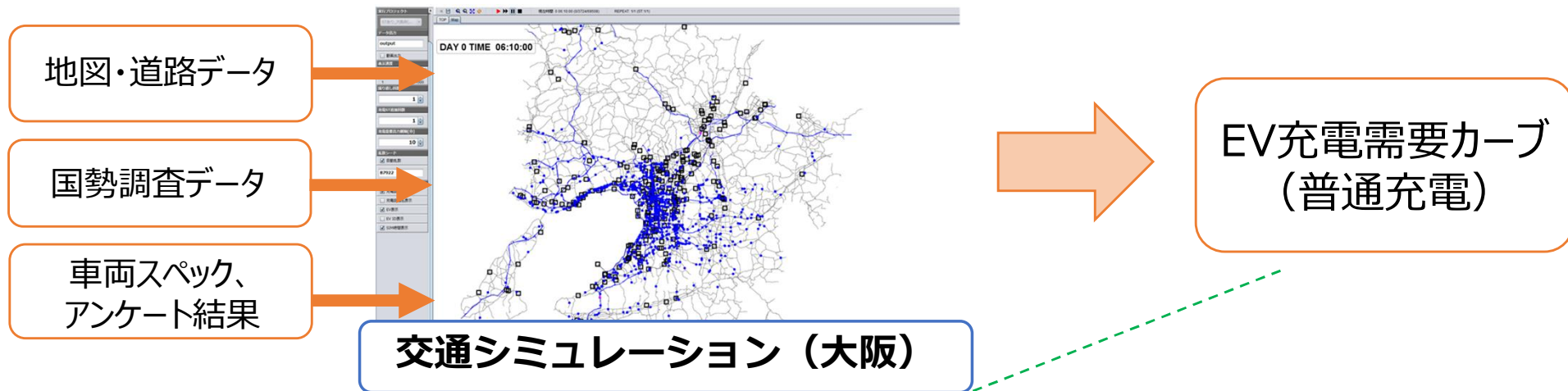
バンクモデルの作成
(郊外、住宅) 負荷データの作成
(軽負荷、重負荷)



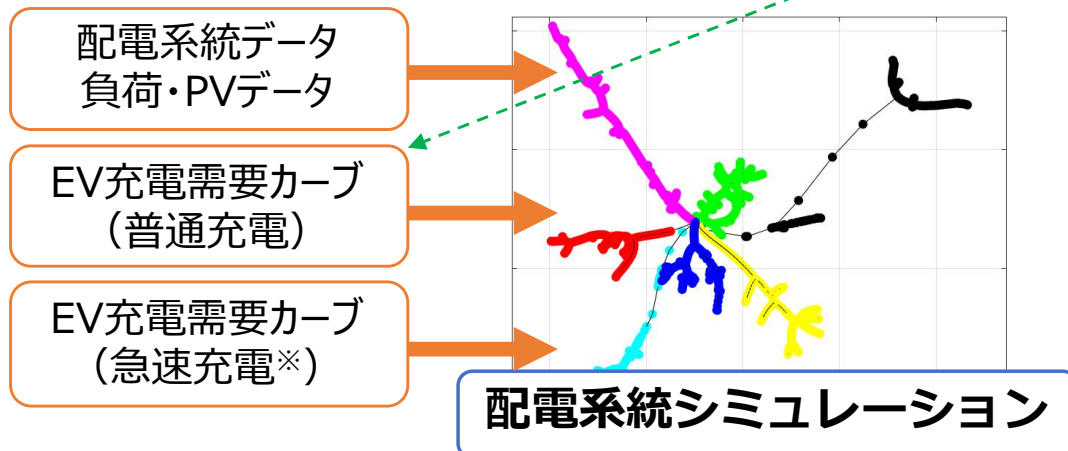
配電システムシミュレーションによる評価・分析

シミュレーション評価の全体フロー

- ① 大阪府を対象エリアにした交通シミュレーションにより一日のEV走行および充電行動をシミュレーションした結果から、EV充電需要カーブを作成



- ② ①で求めたEV充電需要カーブを入力データとした配電系統シミュレーションにより、EV充電の配電系統への影響を評価



- EV充電による配電系統への影響として、
- ① 系統混雑 (設備容量の超過)
 - ② 電圧変動 (常時の電圧変動)
 - ③ 電圧変動 (短時間の電圧変動)
- の3つを評価。

※ 急速充電の充電需要カーブは充電事業者からの提供データ (サンプル) を用いて作成

1. はじめに
2. 解析モデルの作成
 - 2.1 EV充電需要カーブの作成
 - 2.2 配電システムモデルの作成
3. シミュレーションによる評価
4. まとめ

交通シミュレーションのパラメータ

交通シミュレーションにより、配電系統への影響評価に用いるEV充電需要（普通充電）を算出

種別	パラメータ	設定値	備考
EV	全体のEV台数に対する通勤用EVの割合	25%	アンケート結果
	積載電池容量	40kWh	2030年の想定スペック※
	走行電費	7.5km/kWh	市販EV（日産リーフ、2017年型）を想定
	シミュレーション上のSOC初期値	100%	シミュレーション開始時（1日目）の初期値。3日目の結果を用いるため、この初期値は結果には影響しない。
	経路充電のトリガーとなるSOCの閾値	20%	アンケート結果
充電器	普通充電器の容量	3kW	現在主流のコンセントタイプ（3kW）を想定
	急速充電器の容量	50kW	急速充電の結果は、今回の検討では不使用
	事業所充電器（普通充電）の導入率	25%	アンケート結果
	自宅充電器（普通充電）の導入率	70%	アンケート結果
その他	対象地域	大阪府 （周囲30kmを含む）	都市部とその周囲
	対象日	平日、4日間	今回の検討では、3日目の結果を用いる。

※ jama資料（第2回 充電インフラ整備促進に関する検討会、資料7、2023年7月5日）を参照し、車両スペックS・M・Lを加重平均した蓄電池容量。

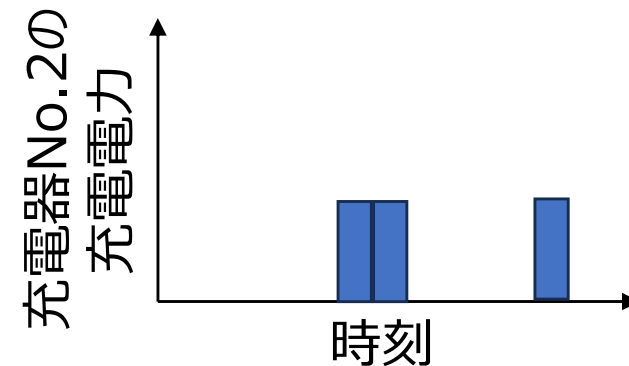
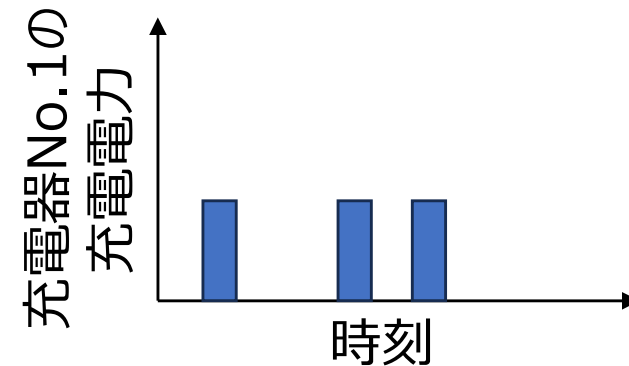
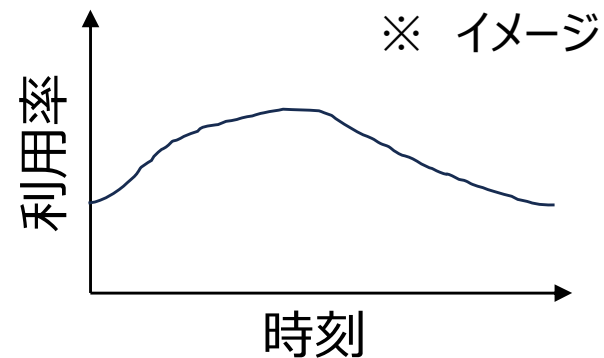
需要家への充電負荷の割当

交通シミュレーションの結果より、各住宅または事業所における普通充電の時系列データを生成し、下表の通り配電系統の需要家に割り当てる。

交通シミュレーションの 出力データ種別	割当対象の需要家	
	需要家種別	軒数
住宅での通勤用EVの充電負荷	低圧需要家	低圧需要家軒数×EV普及率 ×通勤用EVの割合(=25%)
住宅での非通勤用EVの充電負荷		低圧需要家軒数×EV普及率 ×非通勤用EVの割合(=75%)
事業所での通勤用EVの充電負荷	高圧需要家 (工業地系統)	工業地系統の高圧需要家軒数 ×事業所への充電器普及率(=25%)
事業所での非通勤用EVの充電 負荷	高圧需要家 (工業地系統以外)	工業地系統以外の高圧需要家軒数 ×事業所への充電器普及率(=25%)

EVQCの充電カーブ

充電事業者から提供いただいたデータ（サンプル）を元に、EVQCの充電カーブを作成する。



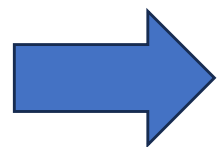
（注）最過酷条件を検討するため、全てのEVQCが同時に充電するケースを別途設定する。

1. はじめに
2. 解析モデルの作成
 - 2.1 EV充電需要カーブの作成
 - 2.2 配電系統モデルの作成
3. シミュレーションによる評価
4. まとめ

配電系統モデル

今回の検討では、配電線の設備容量超過だけでなく、配電用変電所の設備容量超過についても検討するため、配電系統のモデルには、配電用変電所（1バンク^(注1)）と配電線（5～7フィーダ^(注2)）をモデル化したバンクモデルを使用する。

配電線モデルは、JST-CREST126配電線モデルから、複数地域（住宅、工業、繁華街、農山村、の2地域以上）のフィーダを含み、高圧自動電圧調整器（SVR）有り無し両方のフィーダを含むモデルを選定した^(注3)。



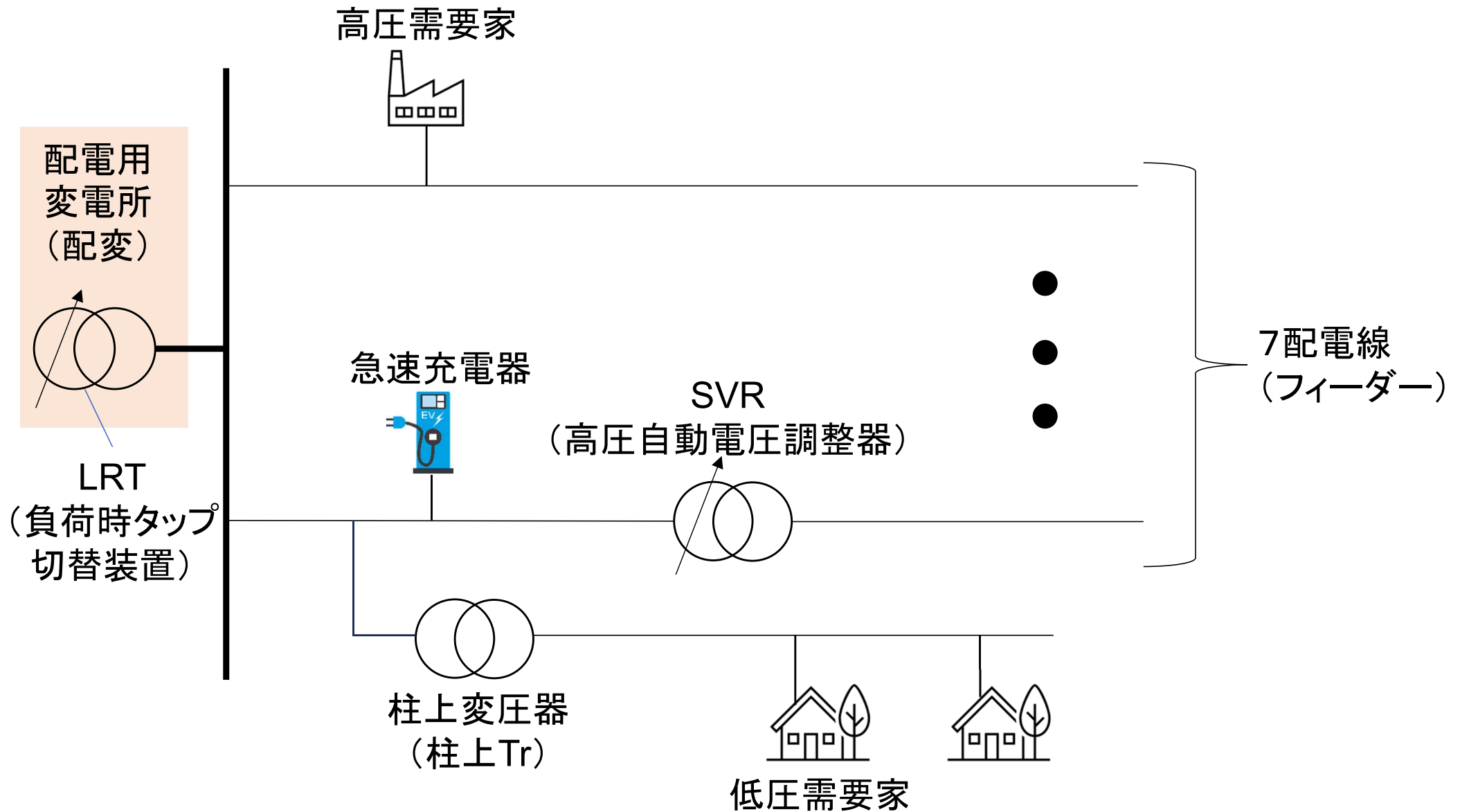
過去にNEDO事業で作成した電圧管理の裕度がある「Dバンクモデル（郊外と工業）」と電圧管理の裕度が少ない「Hバンクモデル（住宅と工業）」を使用する。

（注1）バンクとは、配電用変電所に設置される三相変圧器のこと。

（注2）フィーダとは、配電用変電所のバンクから引き出される配電線のこと。

（注3）JST-CREST126配電線モデルおよび作成したバンクモデルについて、スライド14で説明

バンクモデルの構成



D・Hバンクモデルの構築

【JST-CREST126配電線モデル】

D・Hバンクモデルは、早稲田大学のスマート社会技術融合研究機構にて作成されたJST-CREST126配電線モデルをベースに構築されている。JST-CREST126配電線モデルは早稲田大学と東京電力パワーグリッド株式会社、中部電力パワーグリッド株式会社、関西電力送配電株式会社が共同で開発したモデルである。

参考URL : <https://www.waseda.jp/inst/across/news/501>

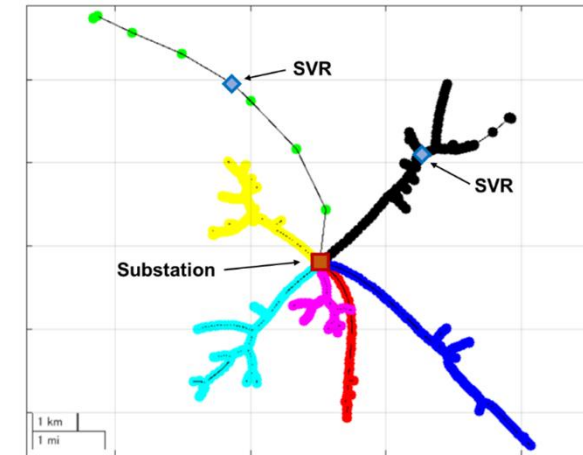
【D・Hバンクモデルの構築】

D・HバンクモデルはNEDO事業(P19002)「再生可能エネルギーの大量導入に向けた次世代電力ネットワーク安定化技術開発」にて構築された複数の配電線モデルを組み合わせで構築した1配電用変電所モデル(以下、1バンクモデル)である。当事業内に参画している一般送配電事業者の調査結果より、JST-CREST126配電線モデルを複数組み合わせで標準的なバンクモデルとしてDバンクモデル、電圧の管理が厳しいバンクモデルとしてHバンクモデルを構築した。

参考URL : https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100150.html

Dバンクモデル

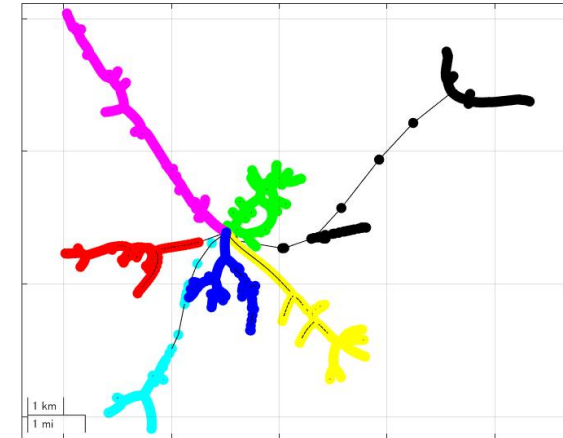
主に郊外地を対象としたバンクモデルである。
Dバンクは、Hバンクに比べて低圧需要家軒数
が少ない。



	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
種別	農山村	農山村	工業	工業	工業	農山村	農山村
低圧 需要家 軒数	1007	407	177	126	549	261	215
高圧 需要家 軒数	15	9	5	3	24	9	10
長さ	7.58km	4.56km	4.01km	8.54km	3.89km	2.26km	7.35km
SVRの 台数	1	0	0	1	0	0	0

Hバンクモデル

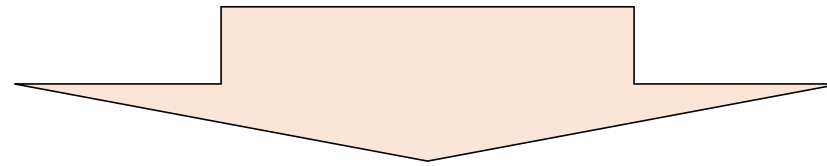
主に住宅地を対象としたバンクモデルである。
Dバンクに比べて低圧需要家軒数が多く、
また、配電線が長い



	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
種別	住宅	住宅	工業	住宅	住宅	住宅	工業
低圧 需要家 軒数	659	712	622	2049	1072	1718	918
高圧 需要家 軒数	11	7	12	24	5	16	13
長さ	9.56km	7.53km	5.21km	6.44km	7.34km	9.79km	6.52km
SVRの 台数	0	0	0	0	0	1	0

各バンクモデルの類似地域

構築したバンクモデルの類似地域(モデルの各条件値に近い状況の供給エリア)を一送4社にヒアリングした。



	東京PG	中部PG	関西送配電	九州送配電
Dバンク (郊外)	埼玉県 本庄市	三重県 四日市市	兵庫県 加古郡稲美町	熊本県 玉名郡南関町
Hバンク (住宅)	栃木県 佐野市	岐阜県 各務原市	兵庫県 神崎郡福崎町	福岡県 八女郡広川町

各バンクモデルの比較

DバンクモデルとHバンクモデルを比較したとき、下記の結果を得られる可能性が高い

- Dバンクモデルは需要家が少なくバンク全体の負荷が小さいため、太陽光発電(PV)増加した場合に変電所から配電系統へ流れる電流(順調流)よりも、配電系統から変電所へ流れる逆方向の電流(逆潮流)が支配的になるため、逆潮流による系統への影響が大きい
- Hバンクモデルは需要家が多くバンク全体の負荷が大きいため、EVが増加した場合に負荷電流が増加することで順調流が支配的になるため、順調流による系統への影響が大きい

バンクモデル	バンク全体の負荷	パラメータ		系統への影響
		EV接続量	PV連系量	
Dバンクモデル (郊外地モデル)	小さい	少ない	少ない	—
			多い	PVによる系統への影響が大きい
		多い	少ない	—
			多い	—
Hバンクモデル (住宅地モデル)	大きい	少ない	少ない	—
			多い	—
		多い	少ない	EVによる系統への影響が大きい
			多い	—

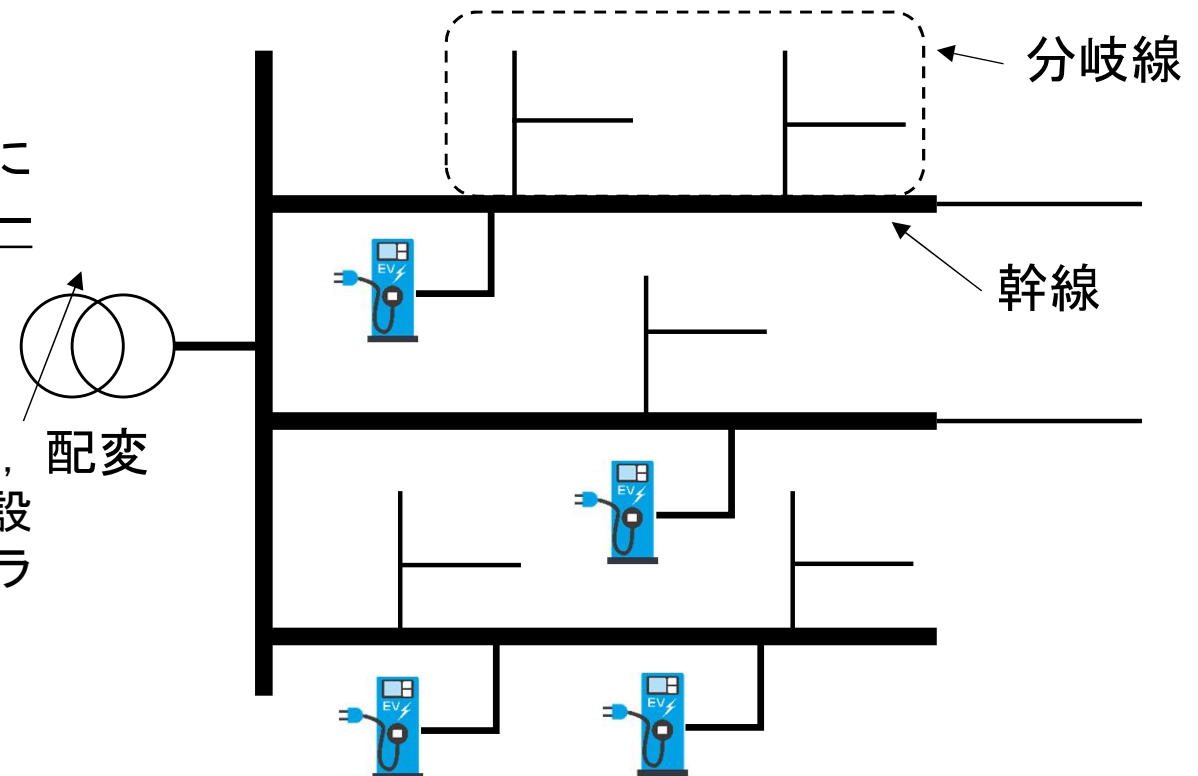
急速充電器の設定

- 今回の検討では、急速充電器の出力を90kWとした。
- 1フィーダーへの急速充電器導入量を設定し、その値を急速充電器の出力で割った値を急速充電器を「1フィーダー内に分布する急速充電器台数」として、下図の通りバンク内の幹線に配置する※。

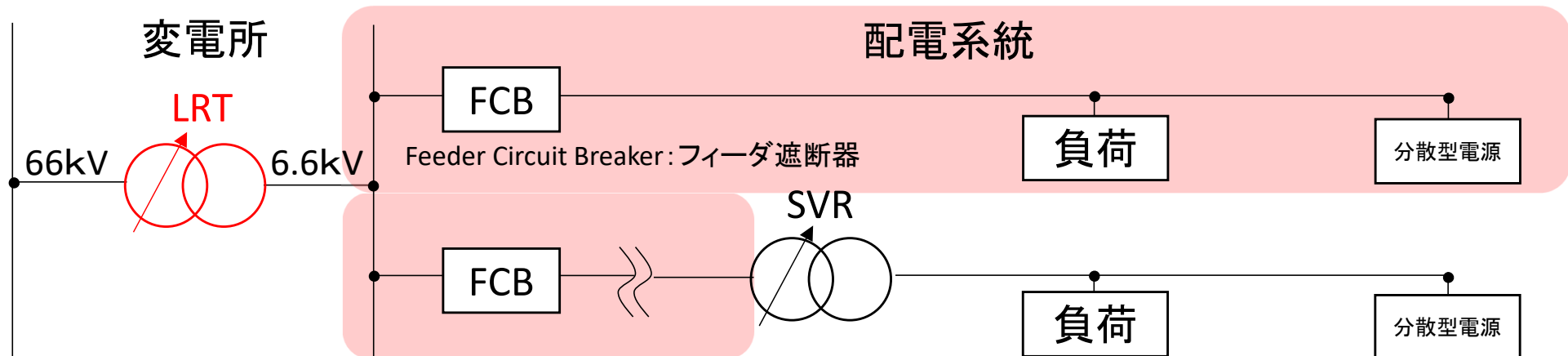
例：1フィーダーへの急速充電導入量を2000kW, 急速充電器出力を90kWとした場合
→1フィーダー内に分布する急速充電器台数：22台

- 急速充電器の負荷の時系列データには、事業車から提供された実測データを用いる。

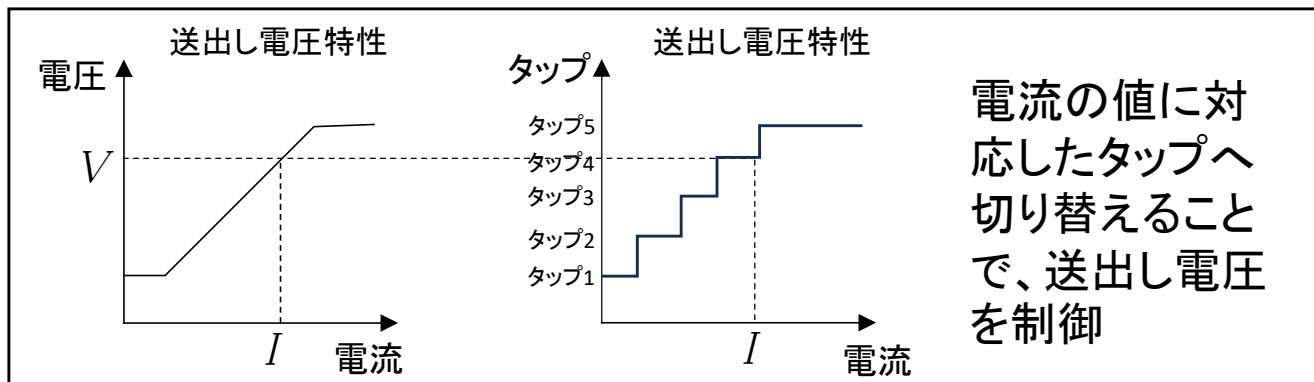
※ 配電線は分岐線と幹線に大別されており、配変急速充電器のような電力需要が大きい設備については電流容量が大きい幹線にランダムに配置することとする。



LRT: 負荷時タップ切替装置



制御対象: バンク以下全体 (SVR設置系統はSVRまで)

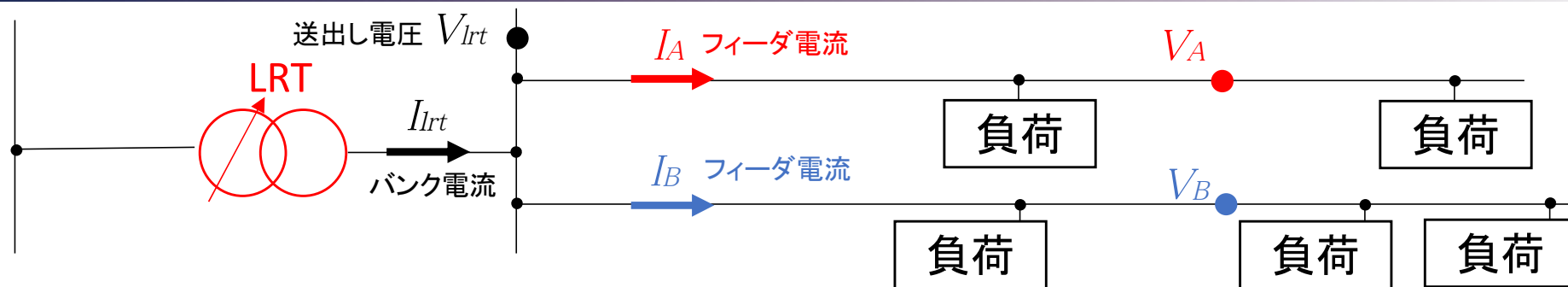


参考画像
引用元: 愛知電機株式会社ホームページ

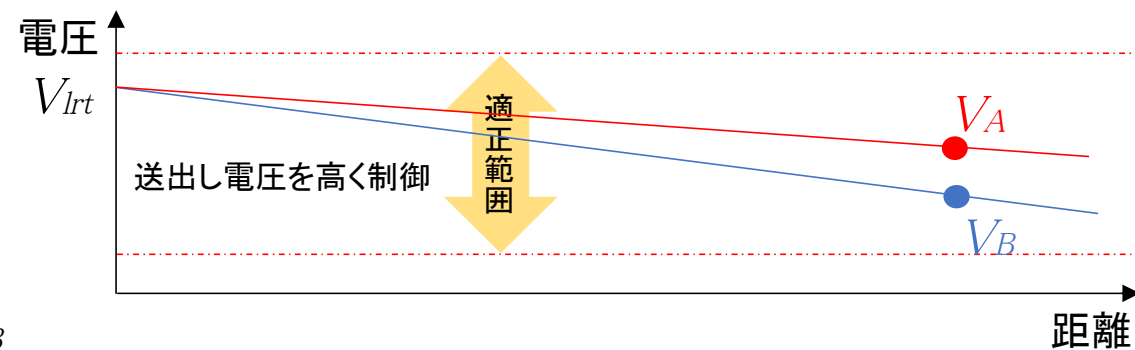
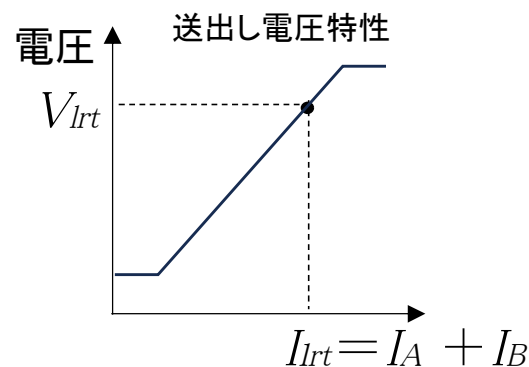
◆ LRT: Load Ratio Transformer (負荷時タップ切替装置)

配電用変圧器の巻線に負荷送電状態で切替可能なタップを設け、二次側電圧を可変できるようにした機器。制御方法として、送出し電圧特性と電流に応じてタップ制御を行う「LDC (Line Drop Compensator) 方式」や時間帯毎に決められた送出し電圧を送電する「タイムスケジュール方式」が用いられる。

LRTの電圧制御について



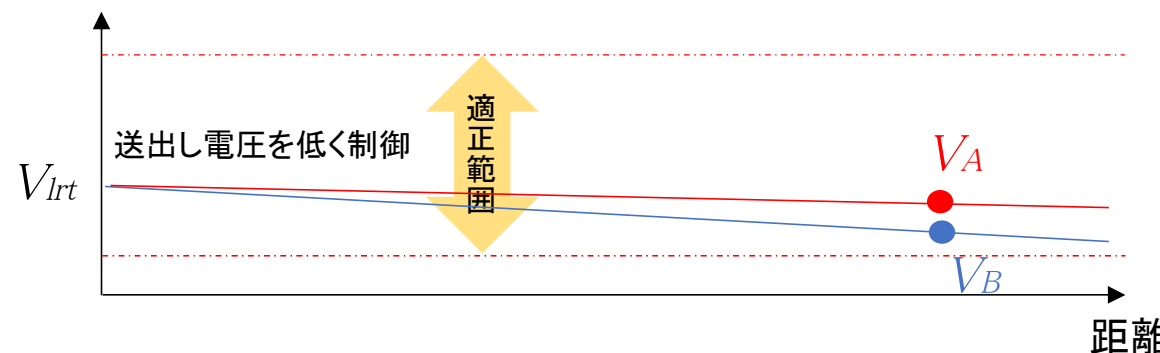
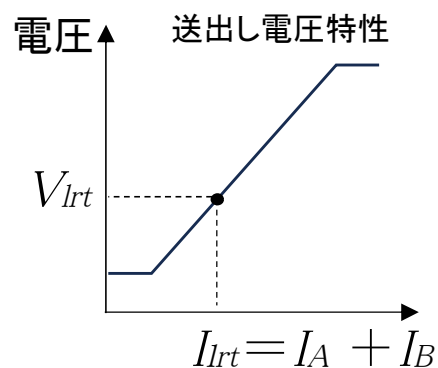
バンク電流(I_{lrt})が大きい場合



LRTは各配電線を流れる電流(図におけるフィーダ電流 I_A 及び I_B を指す)の合計であるバンク電流 I_{lrt} と送出し電圧特性で制御する。

バンク電流が大きい場合は、送出し電圧(V_{lrt})が大きくなるようにタップ制御を行い、反対にバンク電流が小さい場合は送出し電圧が小さくなるようにタップ制御を行う。

バンク電流(I_{lrt})が小さい場合



低圧需要家（住宅）の設定

住宅の「ベース負荷」に加え、一部の低圧需要家ではPVの発電やEVの充電負荷を考慮する。

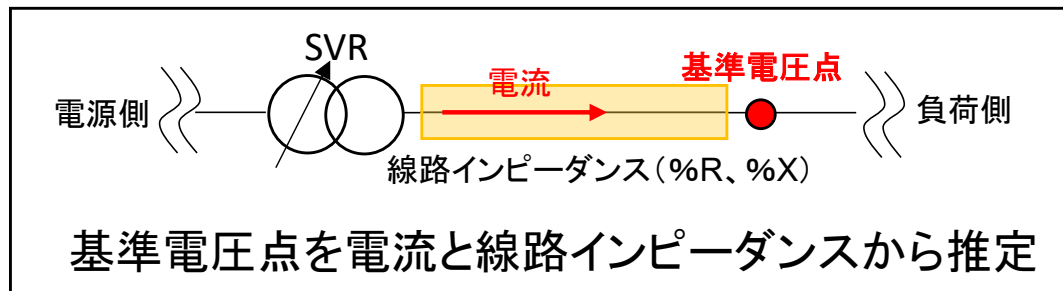
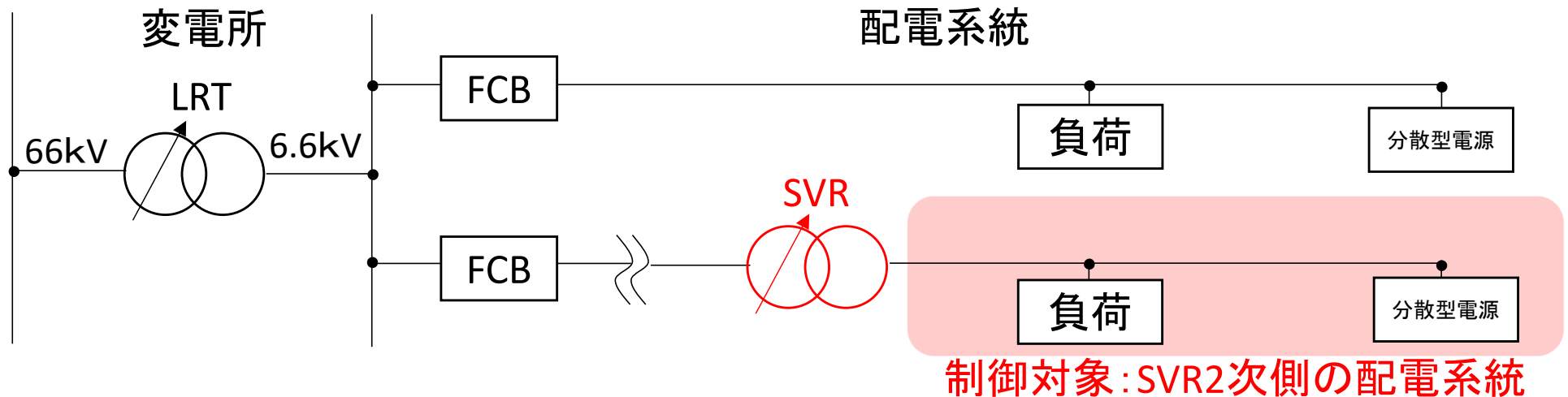
低圧需要家の有効電力 = ベース負荷 + EV普通充電器の負荷 - PVの発電電力

低圧需要家の無効電力 = PVの発電電力 $\times (1 - \text{力率}^2)^{1/2} / \text{力率}$

負荷または発電	容量	導入軒数	適用する時系列パターン
ベース負荷		バンク内 低圧需要家軒数	過去のNEDO事業※で太田市で実測された 低圧需要家の負荷データを 需要家軒数分ランダムに割り当て
PVの発電	4kW	バンク内 低圧需要家軒数 $\times$ PV普及率	過去のNEDO事業※で太田市で実測された 低圧需要家のPV発電データを 需要家軒数分ランダムに割り当て
EV普通充電器の負荷	3kW	バンク内 低圧需要家軒数 $\times$ EV普及率	交通シミュレーションで算定した 住宅におけるEVの充電データを適用

※NEDO国立開発法人, 新エネルギー・産業技術総合開発機構, 集中連系型太陽光発電システム実証研究,
https://www.nedo.go.jp/activities/ZZ_00229.html (2024/1/30確認)

SVR: 高圧自動電圧調整器

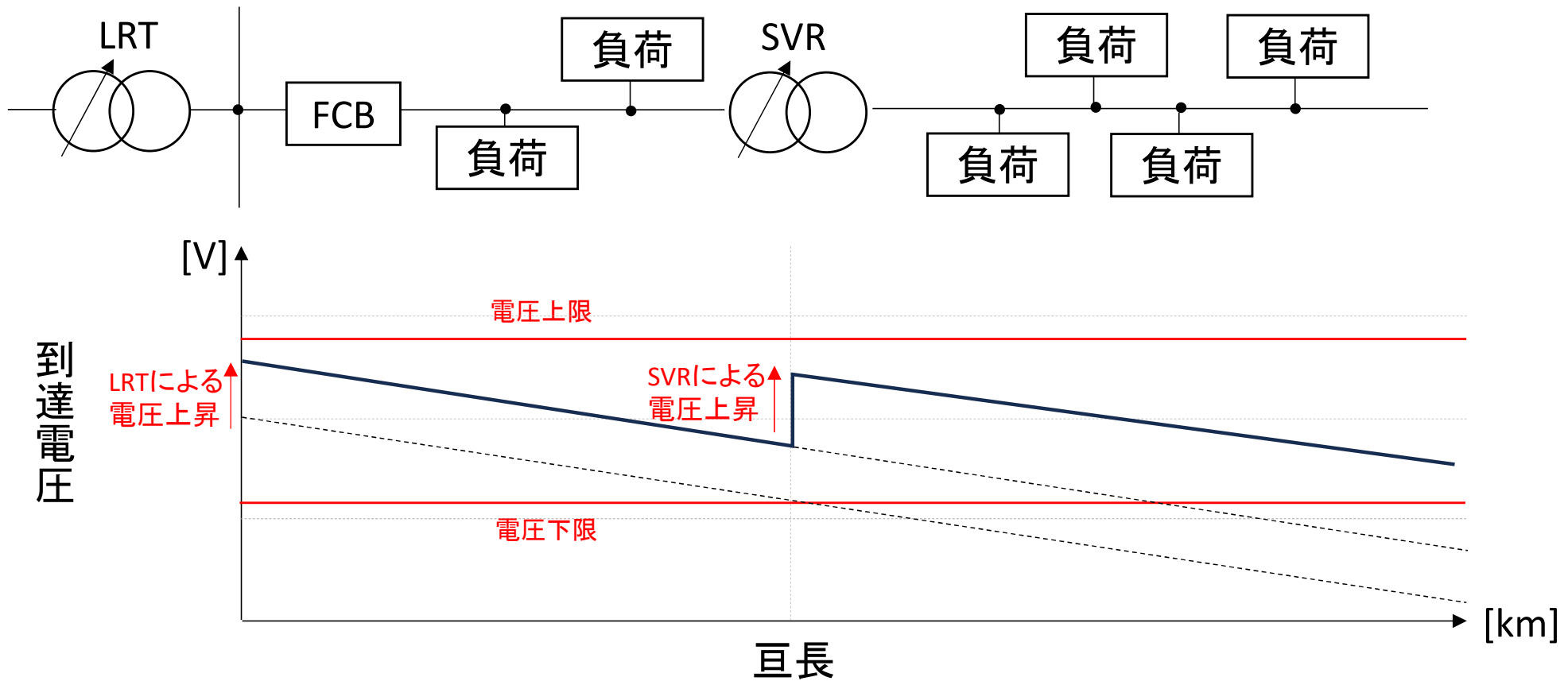


参考画像
引用元: 東光高岳ホームページ

◆ SVR: Step Voltage Regulator (高圧自動電圧調整器)

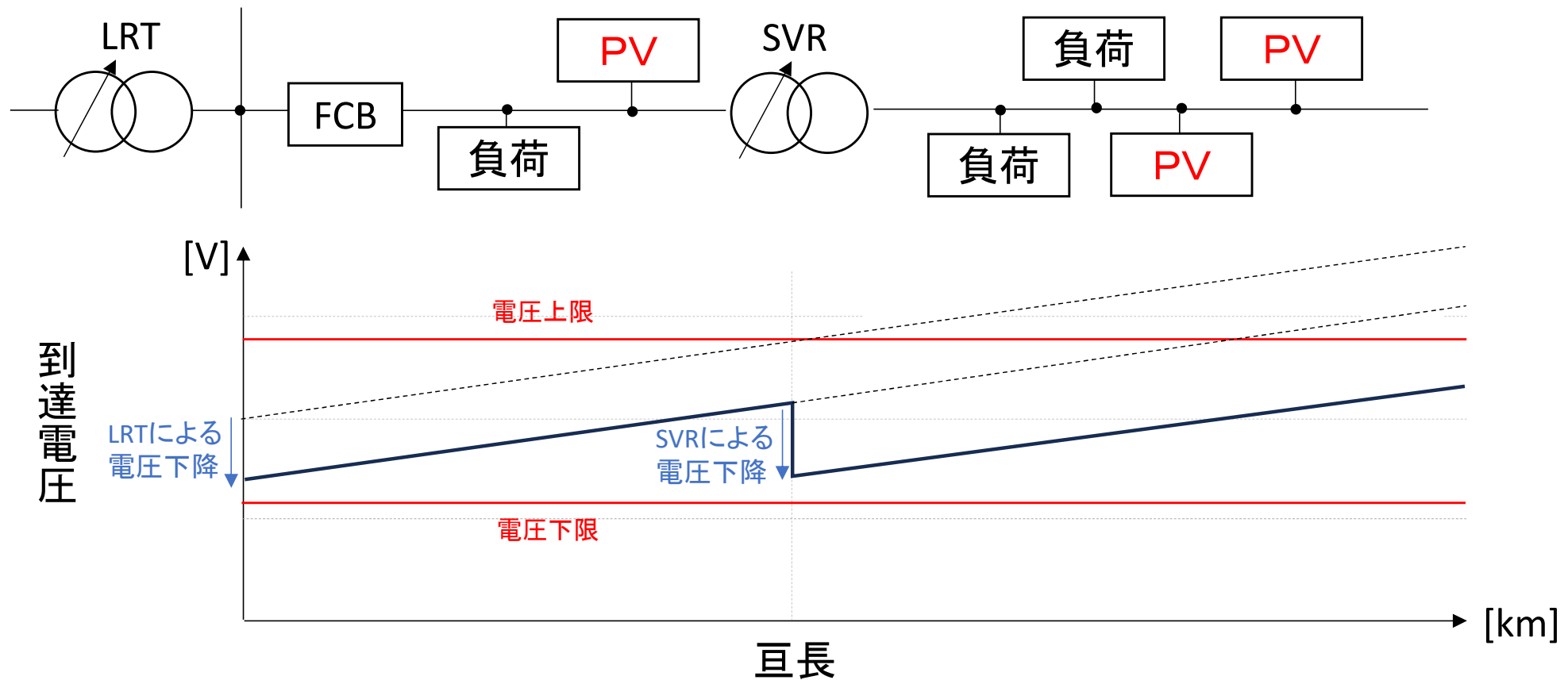
LRTと同様に負荷送電状態で切替可能なタップを設け、送出し電圧の制御を行う機器。配電線の一部エリアを対象とした電圧制御が可能。配電線の亘長が長く末端付近の電圧降下が著しい場合に、末端付近の電圧を上昇させるなどの目的で使用する。タップ制御には電圧を管理したいポイント(基準電圧点)を線路インピーダンスと電流から推定し、その電圧が一定になるよう制御する「LDC方式」が用いられる。

LRTとSVRによる電圧制御(逆潮流なし)



電圧降下の著しい配電線では、LRTによって配電用変圧器からの送出し電圧を上昇させ適正電圧範囲に収まるよう制御を行い、それでも末端付近の電圧が逸脱する場合はSVRによって配電線末端付近の電圧制御を行う。

LRTとSVRによる電圧制御(逆潮流あり)



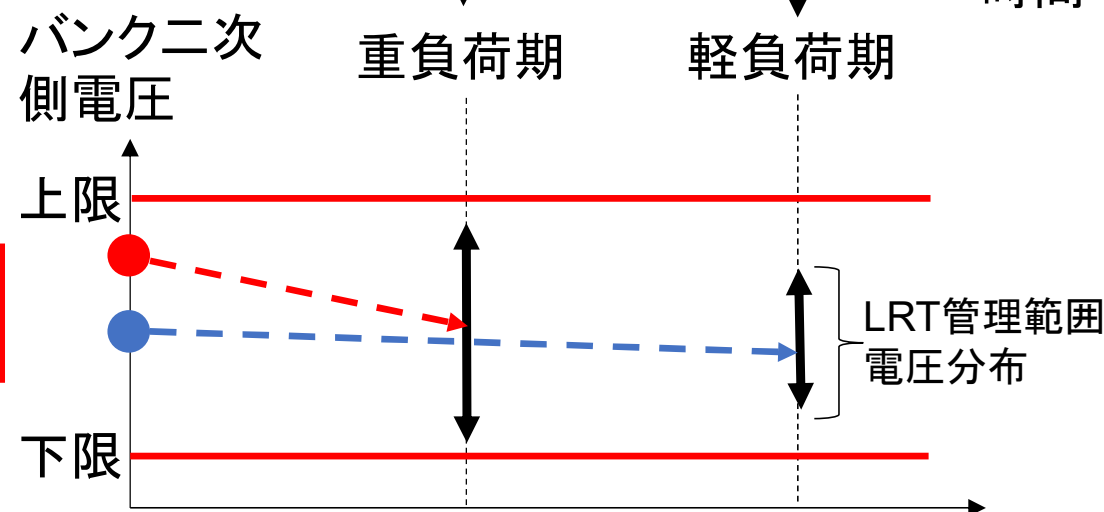
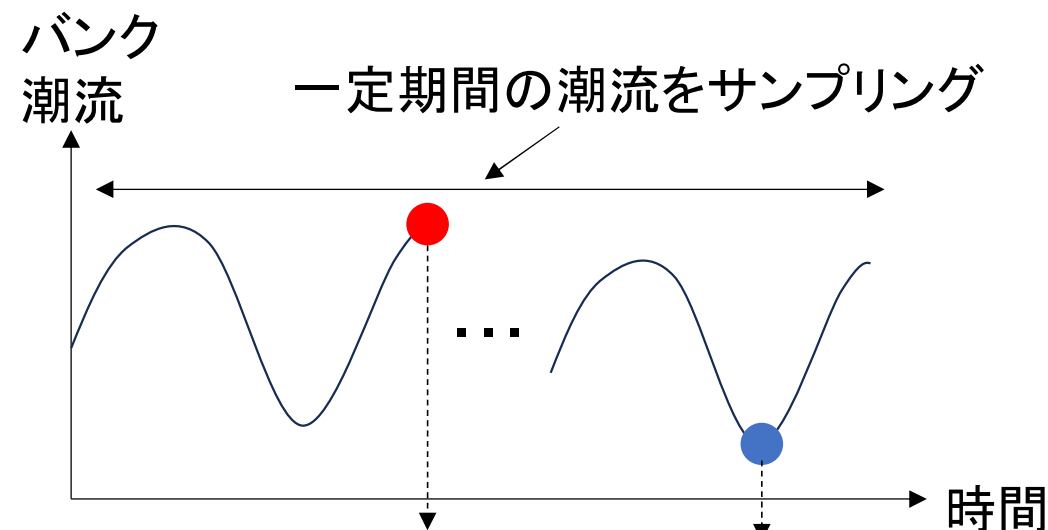
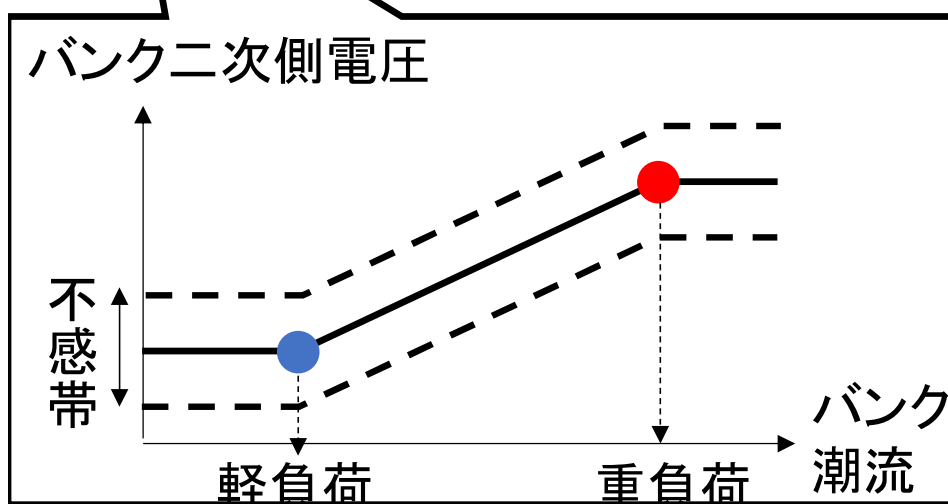
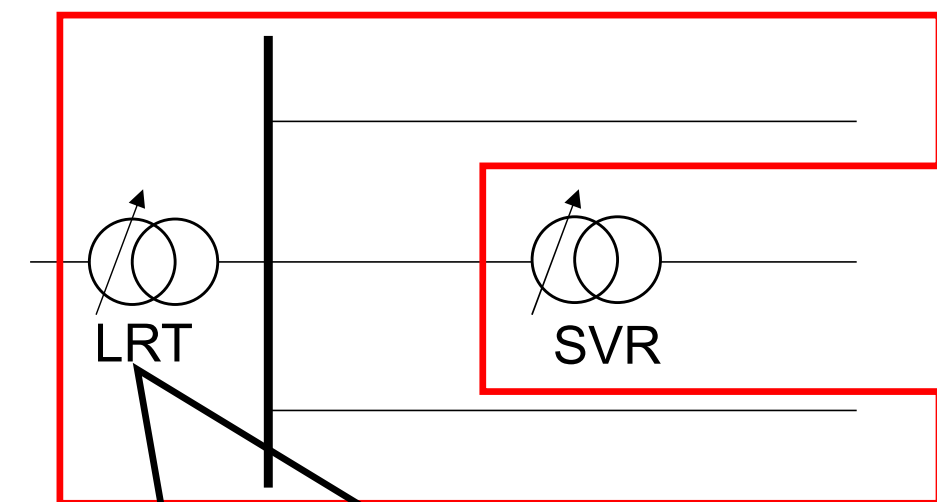
太陽光発電によって逆潮流が発生すると、配電線の末端に向かって電圧上昇し、末端電圧が適正電圧を超過する恐れがある。この場合、LRTは送出し電圧を下降させる制御を行い、それでも末端付近が逸脱する場合はSVRによる電圧下降によって適正電圧範囲に収める制御を行う。※逆潮流対応型SVRのみ可能

LRT整定の考え方

➤ 配電用変電所のLRTのパラメータ設定(Z特性)に関する考え方を整理。

【LRT電圧管理範囲】

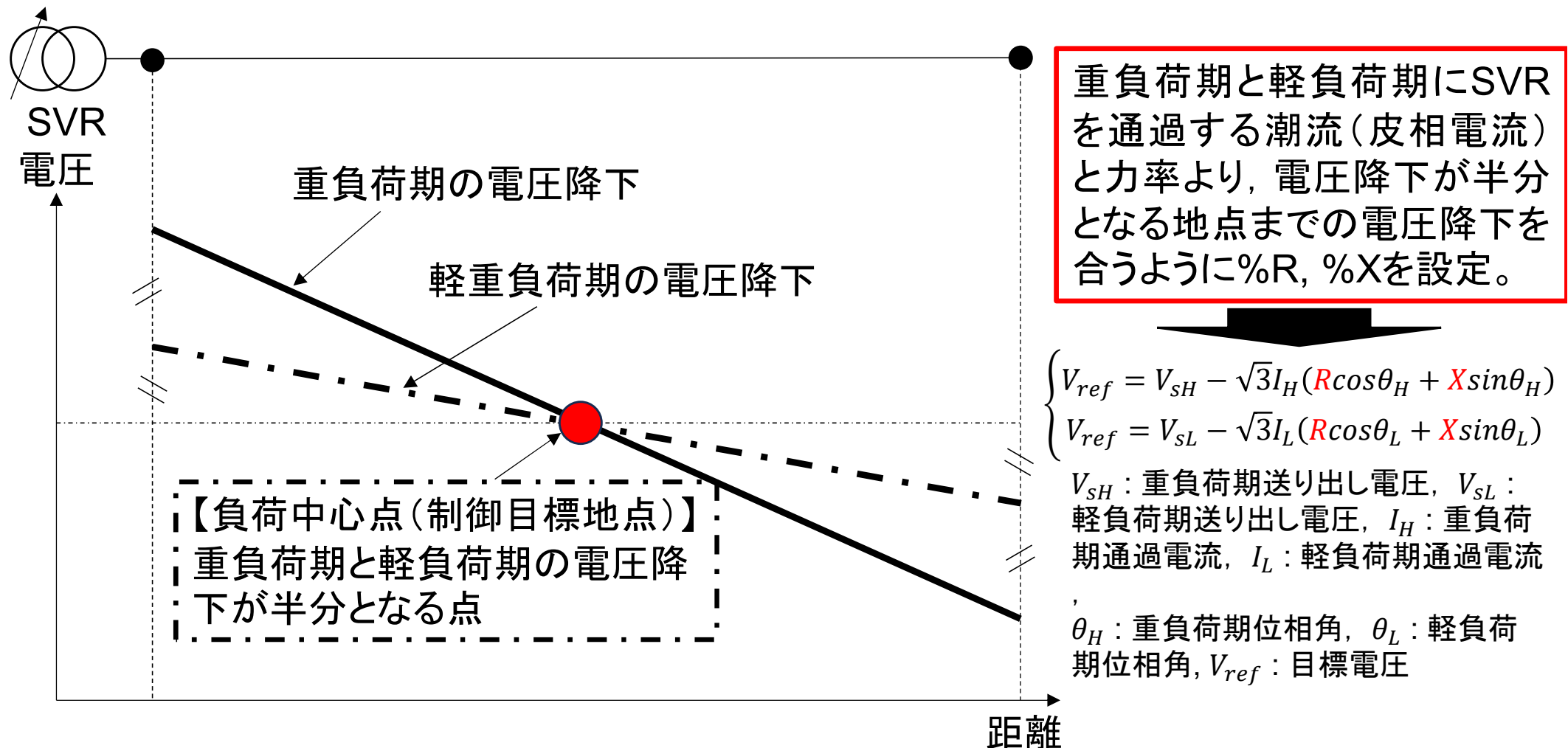
SVR一次側までを電圧管理範囲とする。



SVR整定の考え方

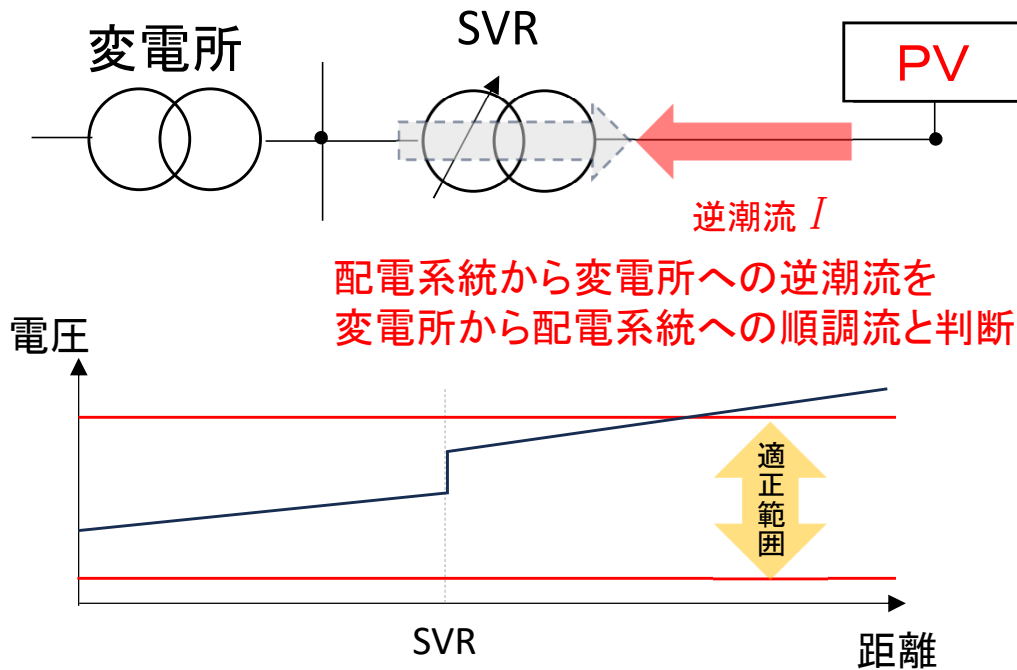
➤ 配電線に設置されるSVRのパラメータ設定に関する考え方を整理。

【SVRの%R, %Xの整定方法】



(補足) 逆潮流対応型SVR

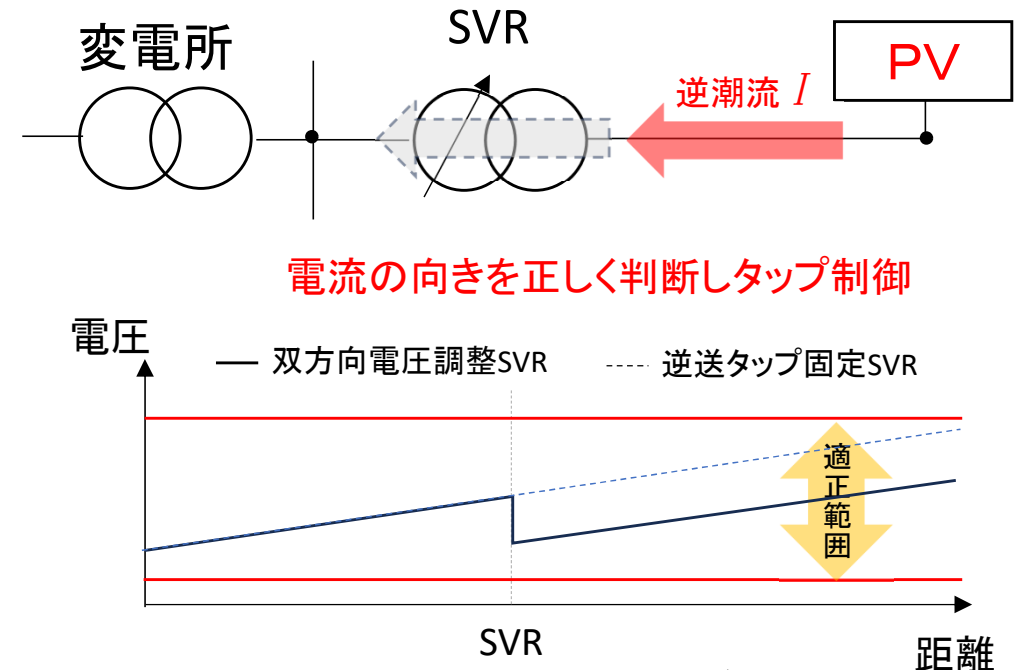
従来型SVRの場合



系統末端に向けて上昇する電圧をさらに上昇させる制御

従来型SVRは電流の大きさからタップ制御を行うため、太陽光発電などにより系統から変電所へ大きな逆潮流が発生した場合に、負荷電流が大きくなったと判断して、電圧をさらに上昇させるようなタップ制御を行う。

逆潮流対応型SVRの場合



系統末端に向けて電圧を下げる制御、
もしくはタップを固定する制御を行う

逆潮流対応型の場合、電流の向きを正しく判断するため、逆潮流が発生した際には、電圧が変化しないタップに固定して電圧上昇を防止したり(逆送タップ固定方式SVR)、電圧を下げる制御を行う(双方向電圧調整方式SVR)。

時系列データの割当

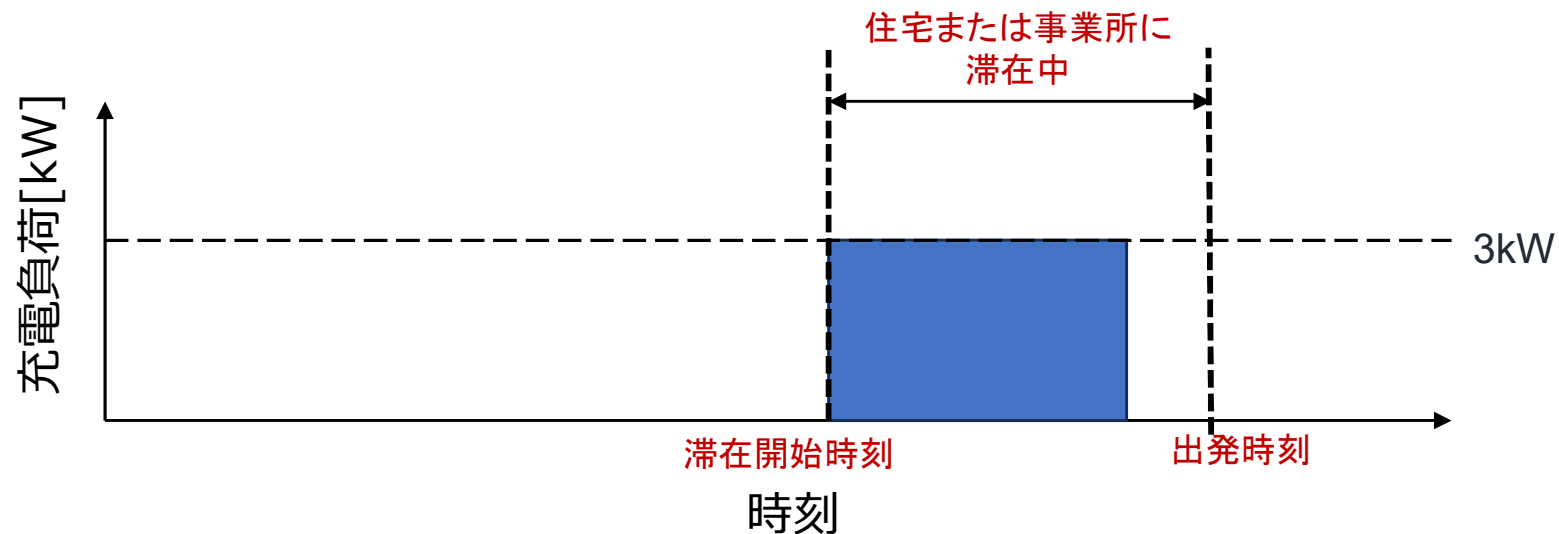
- D・Hバンクモデルの高圧・低圧需要家と急速充電器に対して、下の表に示す時系列データを適用して計算を行う。

表 各需要家に対する時系列パターン

対象需要家		適用する時系列データ
高圧 需要家	ベース負荷	JST-CREST126配電線モデルにて定義される高圧需要家（重・軽負荷期）
	EV普通充電器 （一部の需要家のみ）	交通シミュレーションで算定した事業所でのEVの充電データを適用
低圧 需要家	ベース負荷	太田市で実測された低圧需要家の時系列データを軒数分ランダムにて割り当て
	PV （一部の需要家のみ）	太田市で実測された低圧需要家の負荷と紐づけされたPV発電データを適用
	EV普通充電器 （一部の需要家のみ）	交通シミュレーションで算定した住宅でのEVの充電データを適用
急速充電器		充電事業者から提供されたデータ（利用率、充電負荷の測定データ）をもとに作成した充電データを適用

交通シミュレーションによる充電負荷作成方法

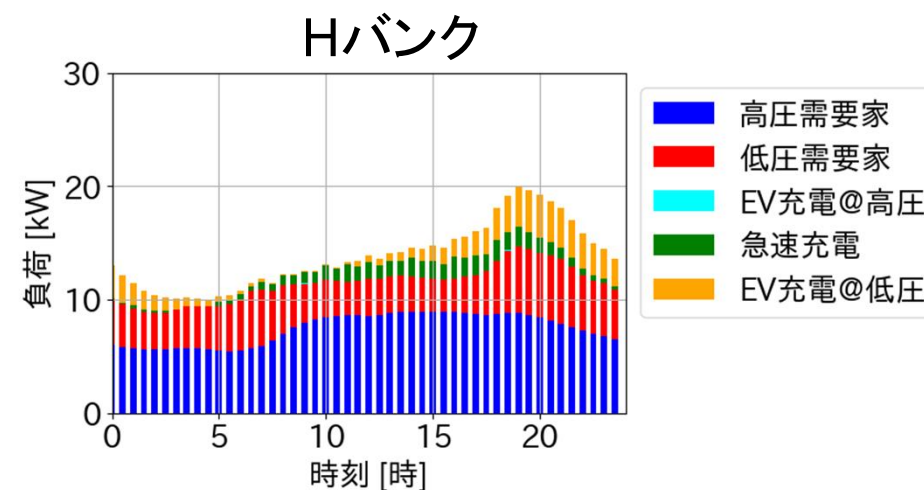
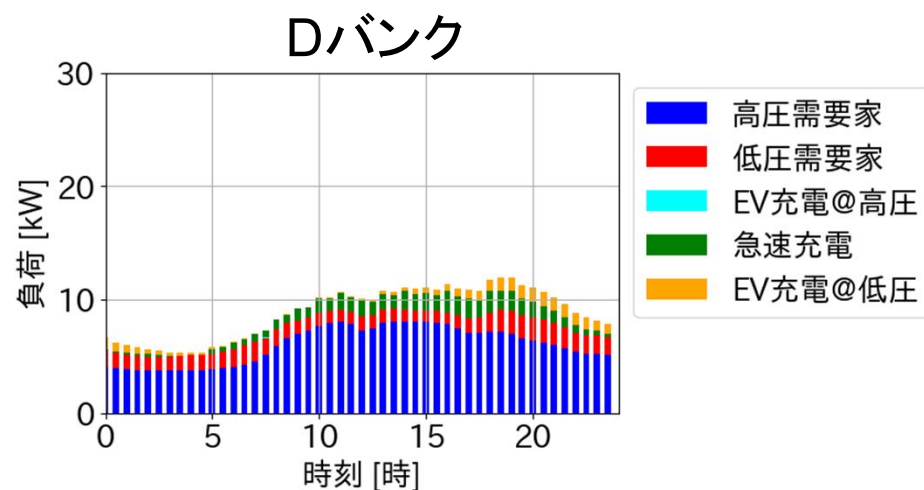
1. 交通シミュレータにより、各EVについて、滞在先（住宅または事業所）での充電負荷波形（3kW）を作成する。



2. 他の時系列データ（各需要家の負荷, PVの発電）と同様に、充電負荷波形を、配電系統影響評価用のバンクモデル内の各需要家に割り当てる。
滞在先が事業所→高圧需要家、滞在先が住宅→低圧需要家

各バンクの負荷の例

重負荷、EV導入率100%, 急速充電器を各フィーダーに2000kW分(各急速充電器の容量は90kW)導入した場合についてDバンク, Hバンクの負荷の例を下に示す。



1. はじめに
2. 解析モデルの作成
3. シミュレーションによる評価
 - 3.1 ケース設定
 - 3.2 評価方法
 - 3.3 シミュレーション結果
4. まとめ

検討ケース(基本ケース)

基本設定として以下を設定し、配電系統への影響を評価する。

ケース想定	パラメータ	設定値	ケース数
基本設定 (合計ケース=500)	系統モデル※1	Dバンク(郊外) Hバンク(住宅)	2
	負荷パターン	軽負荷, 重負荷	2
	PV導入率※2	0~100(25%刻み)	5
	EV導入率(普通充電)※3	0~100(25%刻み)	5
	急速充電器の導入量※4	0~2000kW(500kW刻み)	5
	急速充電器容量	90kW	1

※1 JST-CREST126配電線モデルをもとに構築した7本の配電線から構築される1配電用変電所バンクモデル。

※2 PV導入率は、配電線の低圧需要家軒数に対するPV導入軒数の割合。PV用PCSの容量は4kW。

※3 EV導入率は、配電線の低圧需要家軒数に対するEV導入台数の割合。普通充電の容量は3kW。

※4 急速充電器の導入量は、配電線1フィーダあたりの導入量。なお、500kW刻みの設定値は急速充電器の容量90kWで割り切れないため、導入量は500kW刻みの設定値を超えない最大の値とした。(例:設定値2,000kWの場合、導入量は90kW×22台=1,980kWとした。)

(参考)PVおよびEVの導入率

	導入見通し(例)	配電線への導入量 (全国の配電線6万 回線の平均)	導入率(注5)
PV	2030年度のPV導入量は、野心的水準で約110GWが想定されている(注1)。	1.8MW(注3) (450軒)	Dバンク:115% Hバンク:41%
EV	2030年度のEV普及台数を、約460万台(BEV:226万台、PHEV:226万台)と想定した場合(注2)。	77台(注4)	Dバンク:19% Hバンク:7%

(注1) 第6次エネルギー基本計画2030年度におけるエネルギー需給の見通し(関連資料)※令和3年11月26日更新

(注2) 第2回 充電インフラ整備促進に関する検討会、資料7(自動車工業会)、2023年7月5日

(注3) PVの全てが配電系統に平均的に導入される場合のフィーダあたりPV導入量(4kWずつ導入される場合の導入軒数)

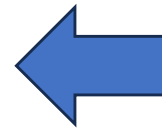
(注4) EVの全てが配電系統に平均的に導入される場合のフィーダあたりEV導入台数

(注5) DバンクモデルとHバンクモデルのフィーダあたりの低圧需要家軒数(Dバンク:392軒/フィーダ、Hバンク:1107軒/フィーダ)を基準にした導入率

今回検討する対策ケース

充電時間シフト：普通充電によるピーク増大への対策

- 帰宅時に充電
- 深夜に充電
- 昼間（PV発電時）に充電



充電シフトに応じる割合
（応答率）を設定

放電ケース：順調流のピーク増大への対策

- 負荷ピーク時間帯に放電
、深夜または昼間に充電

QCに蓄電池を併設：急速充電によるピーク増大への対策

- 蓄電池併設により契約容
量を抑制、需要シフト

参考（蓄電池併設の例）

50kW受電、150kW充電

蓄電池容量 179kWh/358kWh

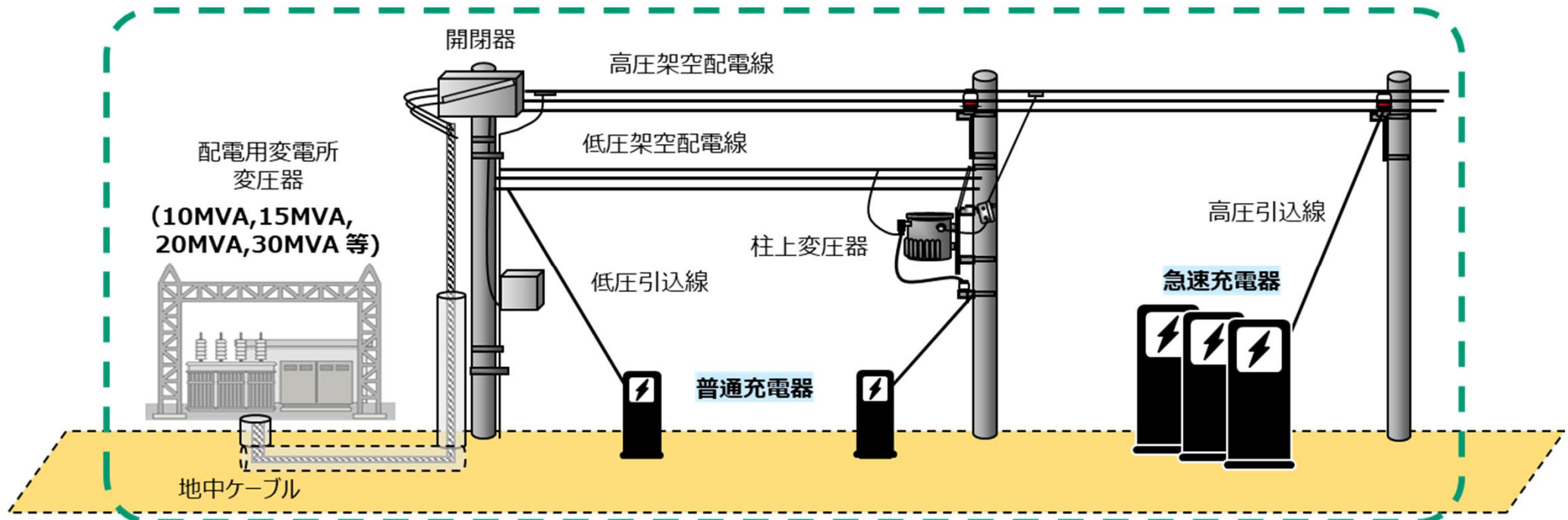
充電器の無効電力制御：急速充電による電圧変動への対策

- 無効電力制御による電圧
変動抑制

力率一定制御を想定

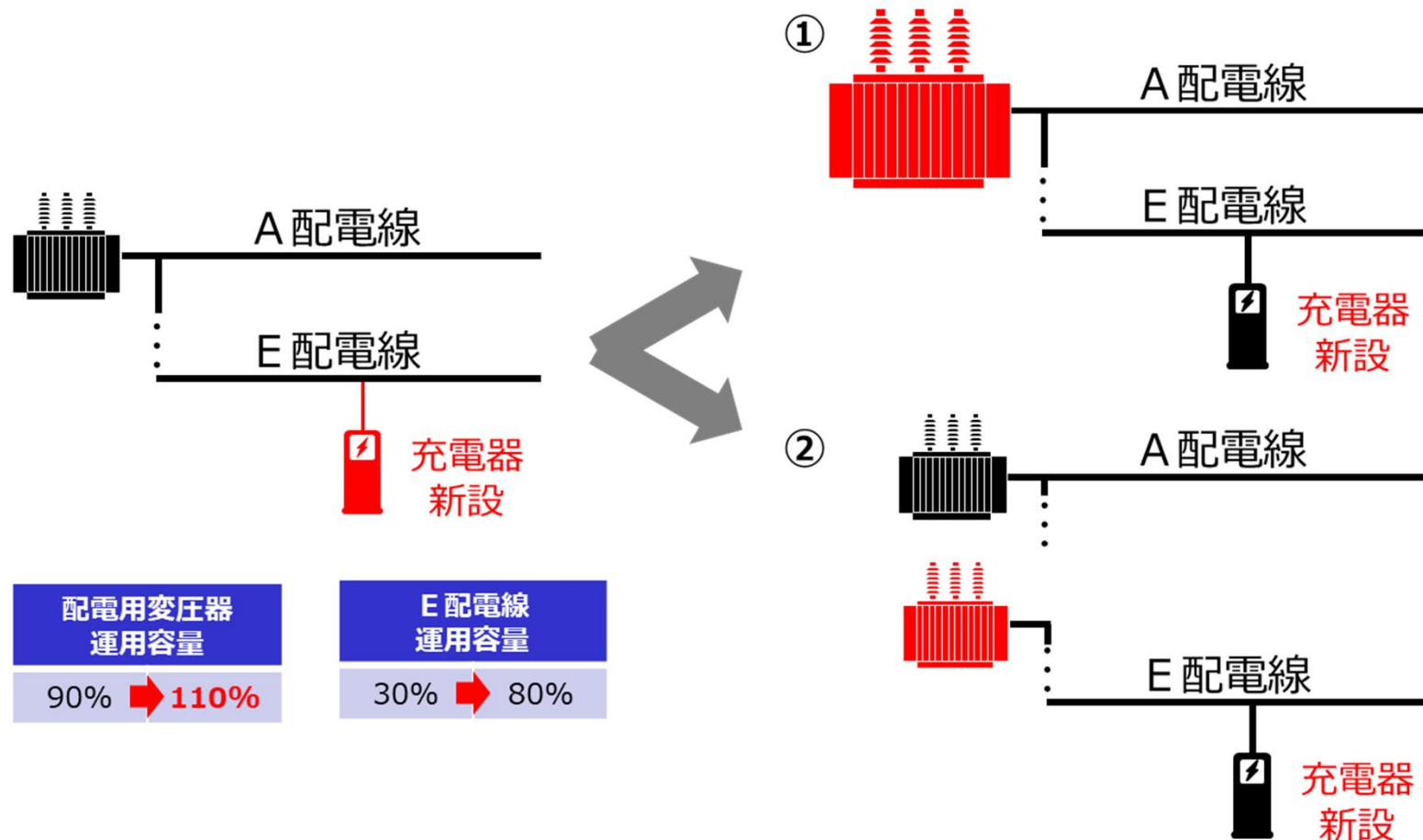
(参考)一般送配電事業者における設備の形成・増強

- 一般送配電事業者は、通常想定される範囲内において、各設備（配電用変圧器、地中ケーブル、開閉器、高圧・低圧架空配電線、柱上変圧器等）を流れる潮流が各設備の熱的な容量を超過せず、かつ、電圧が適正な範囲内に維持されるよう、設備を形成・増強している。



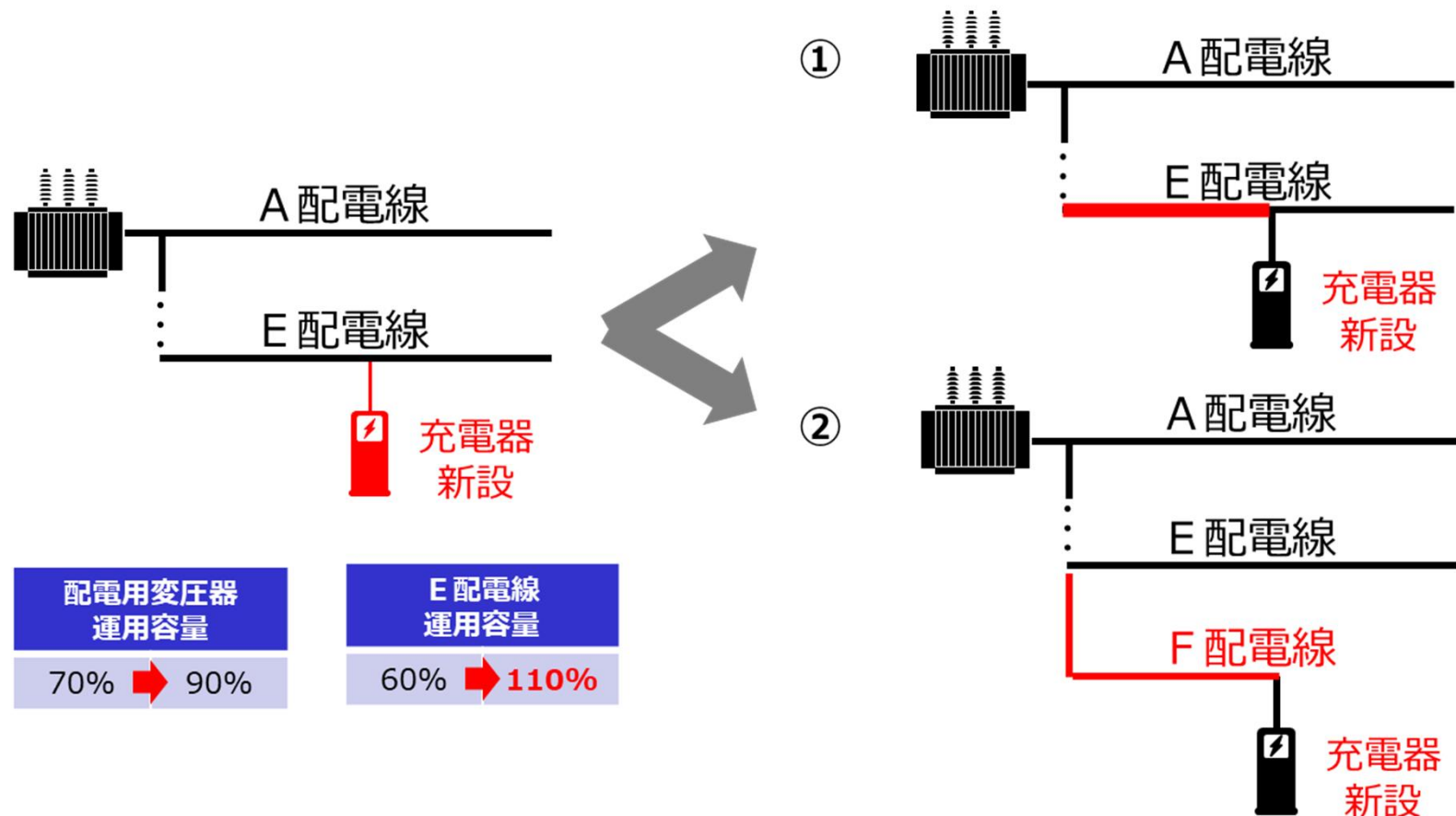
【設備増強】配電用変圧器の容量超過の例

設備増強のきっかけ	主な設備増強策
充電器の新設の申込み → 配電用変圧器の潮流が増加し、 配電用変圧器の運用容量上限を超過	① 配電用変圧器を大容量へ取り替える ② 配電用変圧器を1台増やす



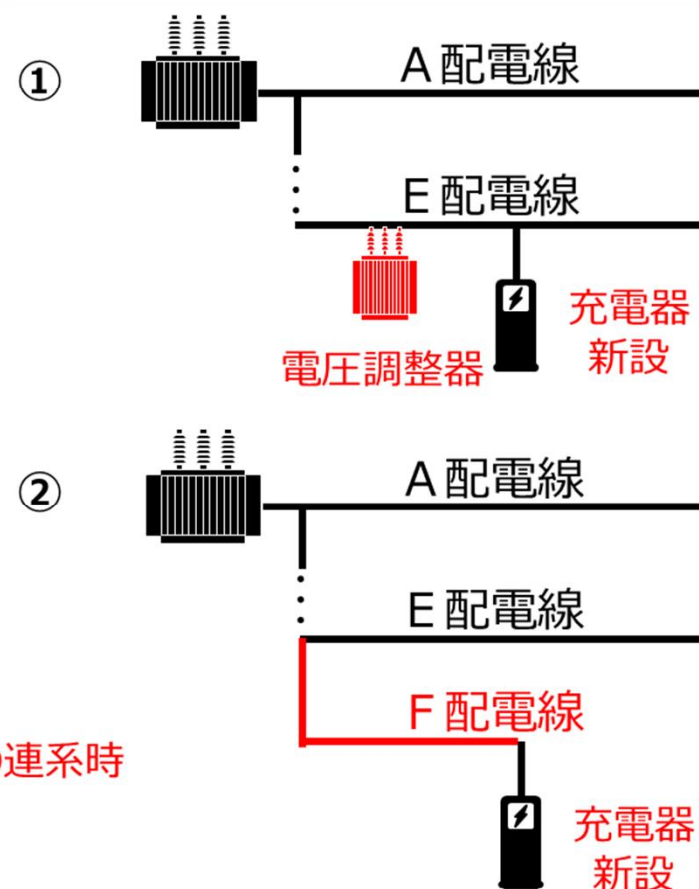
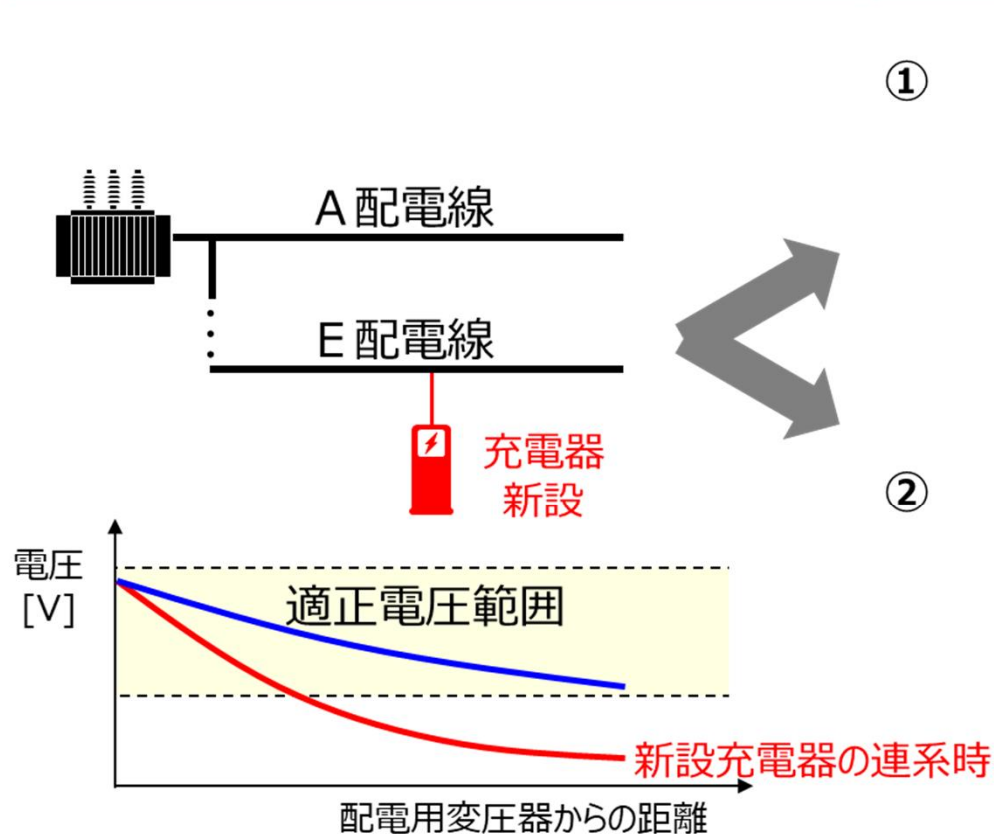
【設備増強】高圧配電線の容量超過の例

設備増強のきっかけ	主な設備増強策
充電器の新設の申込み → 高圧配電線の潮流が増加し、 高圧配電線の運用容量上限を超過	① 高圧配電線を太い電線へ取り替える ② 高圧配電線を1回線増やす



【設備増強】供給電圧の適正範囲の逸脱の例

設備増強のきっかけ	主な設備増強策
充電器の新設の申込み → 高圧配電線の潮流が増加することで 潮流によって生じる電圧降下が増大し、 供給電圧が適正範囲を逸脱する	① 電圧調整器を新たに施設する ② 高圧配電線を1回線増やす



1. はじめに
2. 解析モデルの作成
3. シミュレーションによる評価
 - 3.1 ケース設定
 - 3.2 評価方法
 - 3.3 シミュレーション結果
4. まとめ

配電系統への影響評価の方法

- EV・EVQC普及拡大に伴う配電系統への影響評価を行うために、配電系統での重要な評価指標である各地点の供給電圧と各電線を通過する電流値(通過電流)を用いる。

【評価方法】

評価指標		基準値	評価方法
潮流 [MVA]		熱容量	配電用変電所または配電線フィーダーを通過する潮流の皮相電力を評価。
供給電圧※ ¹ [V]	下限値	101	各地点の供給電圧の30分平均値から最大・最小供給電圧を評価。
	上限値	107	
タップ動作回数 [回]		27/日※ ²	電圧制御機器(配電用変電所, SVR)の動作回数を評価。

※¹ 電気事業法施行規則第38条にて定められている標準電圧に応じた柱上変圧器二次側電圧の維持範囲。法令測定では30分平均値を用いられているため、供給電圧も30分平均値にて評価を実施。

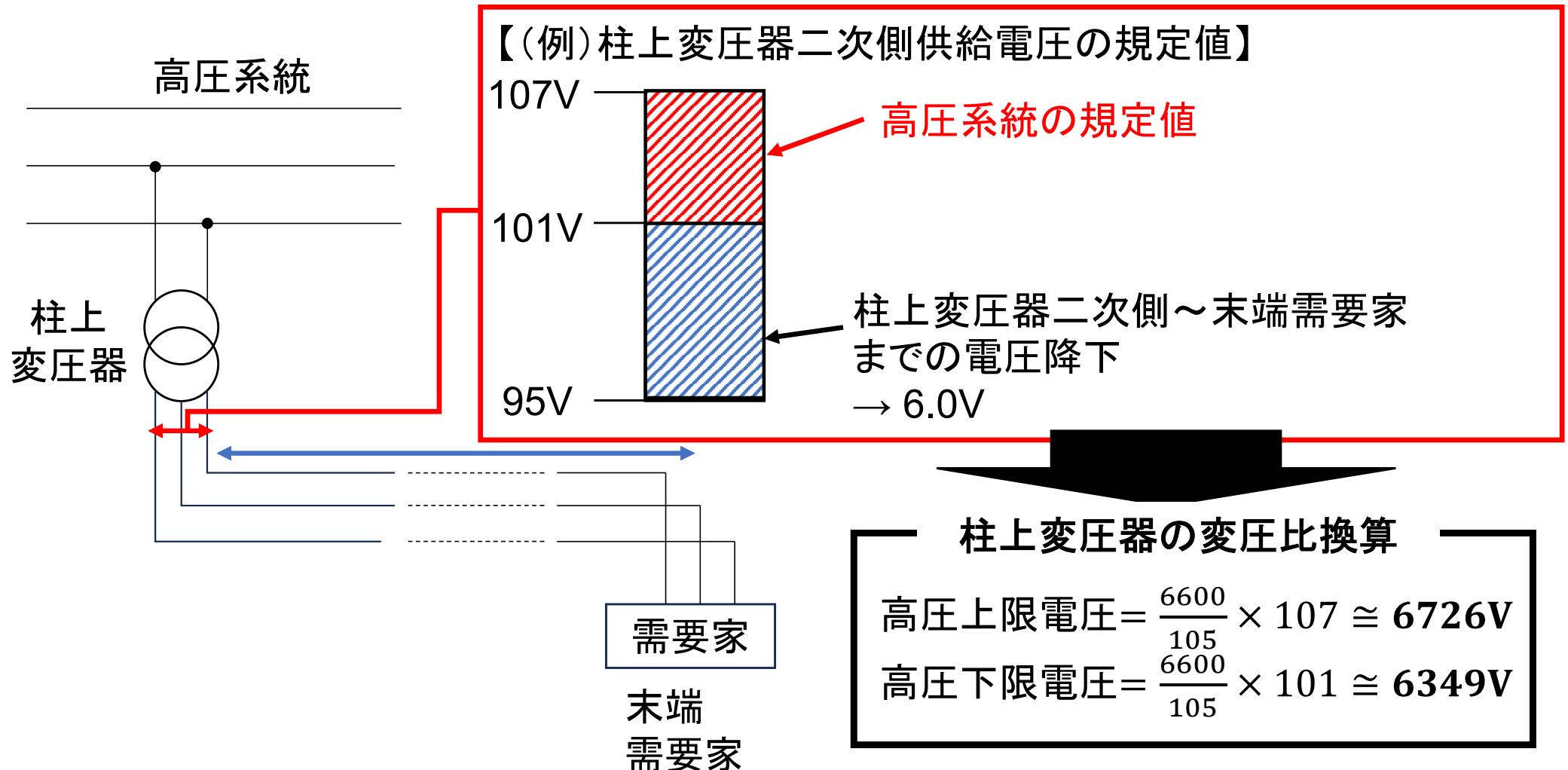
※² 動作回数が20年で20万回を想定して機器が設計されているため、10000回／年を基準に1日当たりの回数として算定。

配電系統の容量について

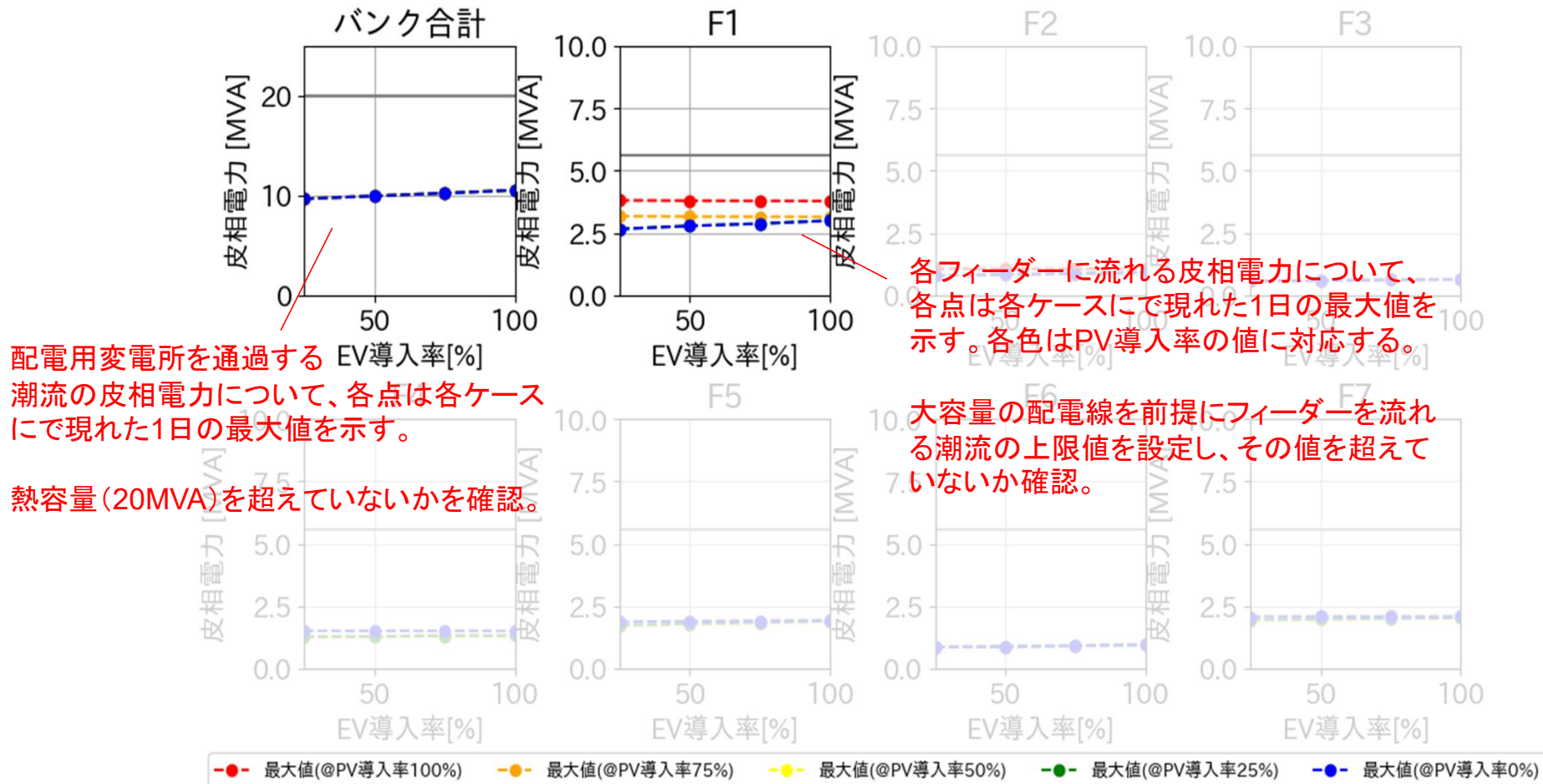
一般送配電事業者は、配電系統の各設備に流れる潮流が熱的な容量を超過しないように、設備を形成・増強している。

- 配電用変電所 変圧器
 - 地域により、異なる容量(10MVA、15MVA、20MVA、30MVA、等)の変圧器を使用している。
- 配電線
 - 地域により、異なる線種(材料、太さ)の電線を使用している。今回は大容量の配電線を評価基準とした。

- 高圧系統の供給電圧規定値に関しては，柱上変圧器から低圧需要家までの電圧降下を考慮して，柱上変圧器の二次側での供給電圧範囲を規定する。



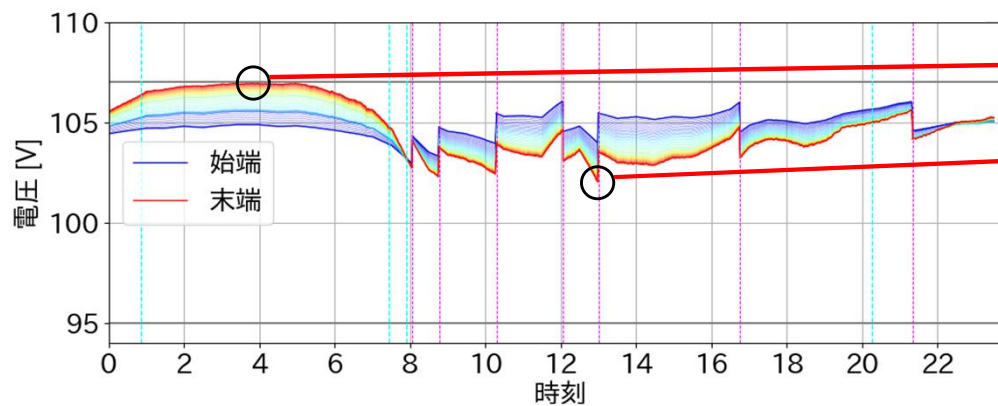
潮流の評価のグラフの見方



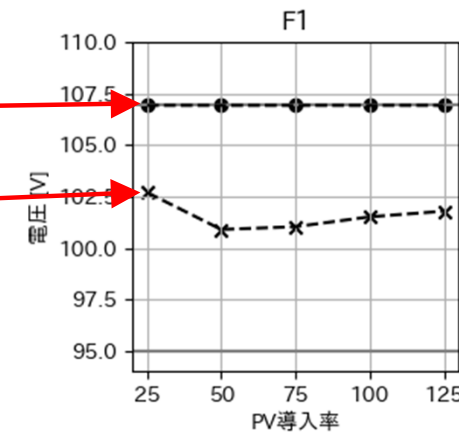
- ◆ 配電用変電所を通過する皮相電力が、熱容量(グラフの上限)の超過の有無を確認する。超過していれば、潮流の抑制か、より容量の大きい変圧器が必要。
- ◆ PV・EV導入量が、バンク全体や各フィーダーの皮相電力に及ぼす影響を見る。

電圧の評価のグラフの見方

●は1日に得られた電圧の最大値を、×は最小値を指す。
これらの値が上限値と下限値を超過する→電圧逸脱発生



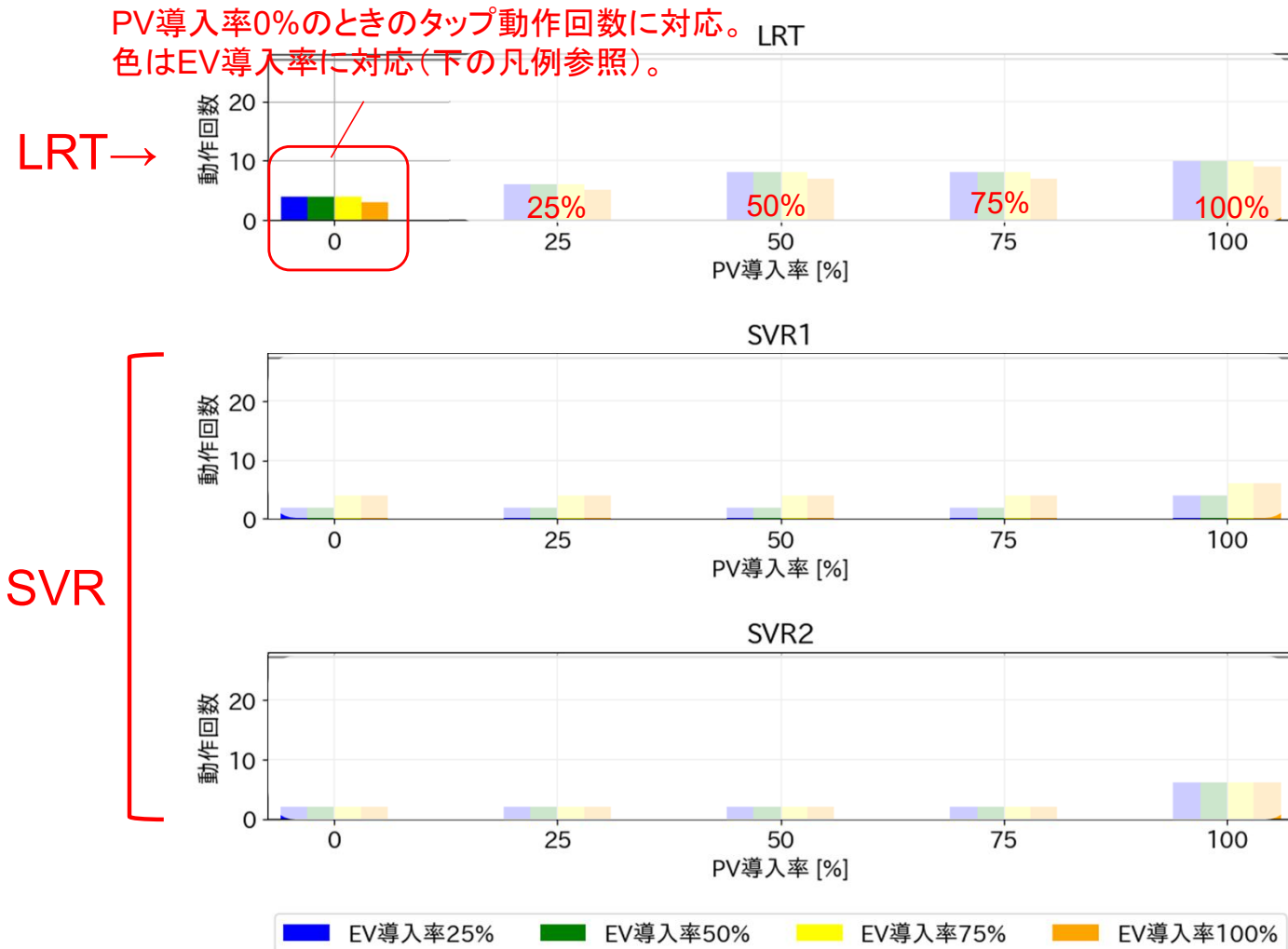
↑各フィーダー内に分布する
柱上変圧器の二次側電圧



↑低圧需要家へのPV導入量増加に伴う電圧の
最大値・最小値の変化

- ◆ フィーダー内の各柱上変圧器における2次側電圧の時系列データから、電圧の最大値・最小値を抽出し、上限値・下限値と比較して電圧逸脱発生の有無を判定する。
- ◆ 各フィーダーごとに、EV・PV導入量が各フィーダーの電圧に及ぼす影響を見る。

タップ動作回数の見方



◆ SVRが上限値(27/日)を超えるか否かを評価

1. はじめに
2. 解析モデルの作成
3. シミュレーションによる評価
 - 3.1 ケース設定
 - 3.2 評価方法
 - 3.3 シミュレーション結果
4. まとめ

シミュレーション結果（基本ケース、潮流）

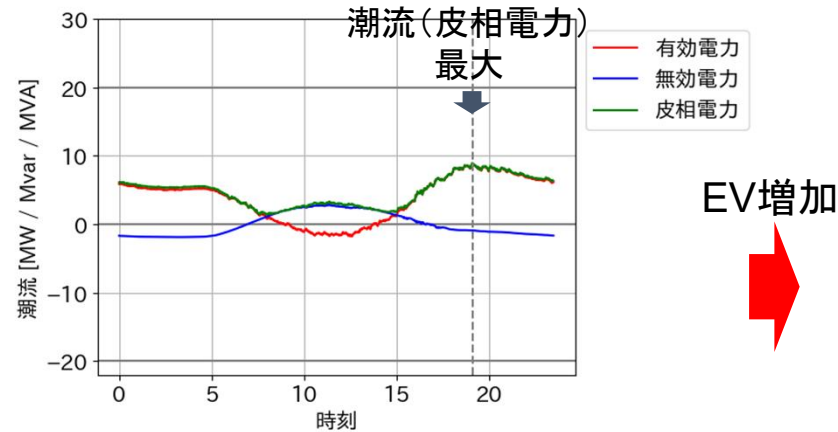
基本ケースのシミュレーション結果(500パターン)のうち、以下の代表ケースについて配電系統の潮流を評価した結果を示す。

- Dバンク(郊外)、軽負荷、バンク内のフィーダあたり急速充電容量500kW
需要家軒数とバンク負荷が小さいケース
- Hバンク(住宅)、重負荷、バンク内のフィーダあたり急速充電容量2000kW
需要家軒数とバンク負荷が大きいケース

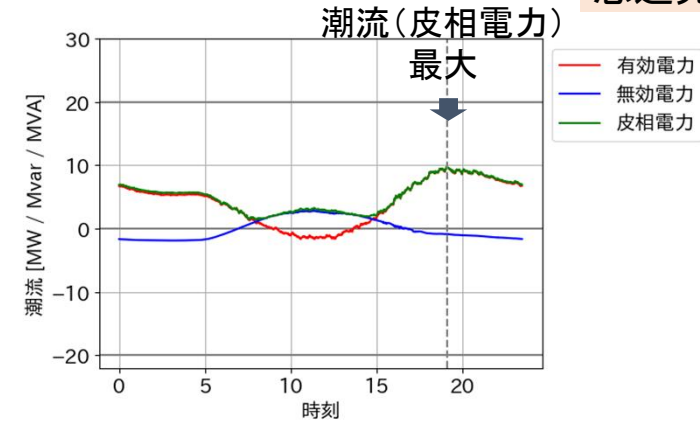
バンク潮流の時系列

Dバンク
軽負荷期
急速充電器: 500kW

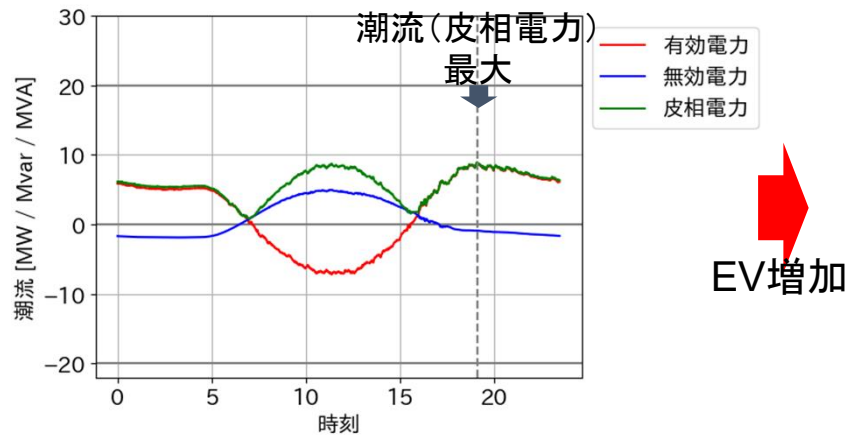
EV導入率: 25%、PV導入率: 25%



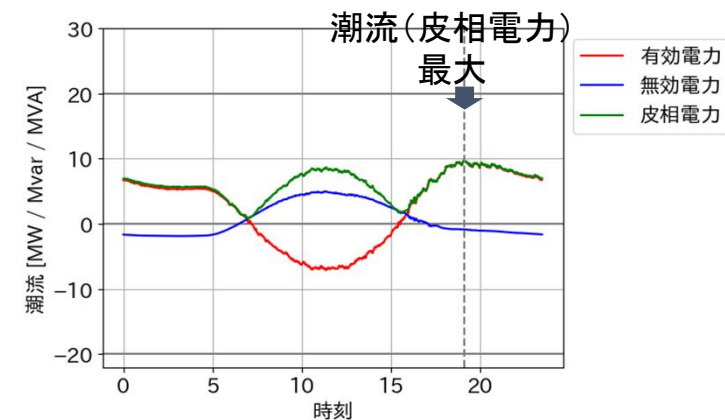
EV導入率: 100%、PV導入率: 25%



EV導入率: 25%、PV導入率: 100%



EV導入率: 100%、PV導入率: 100%

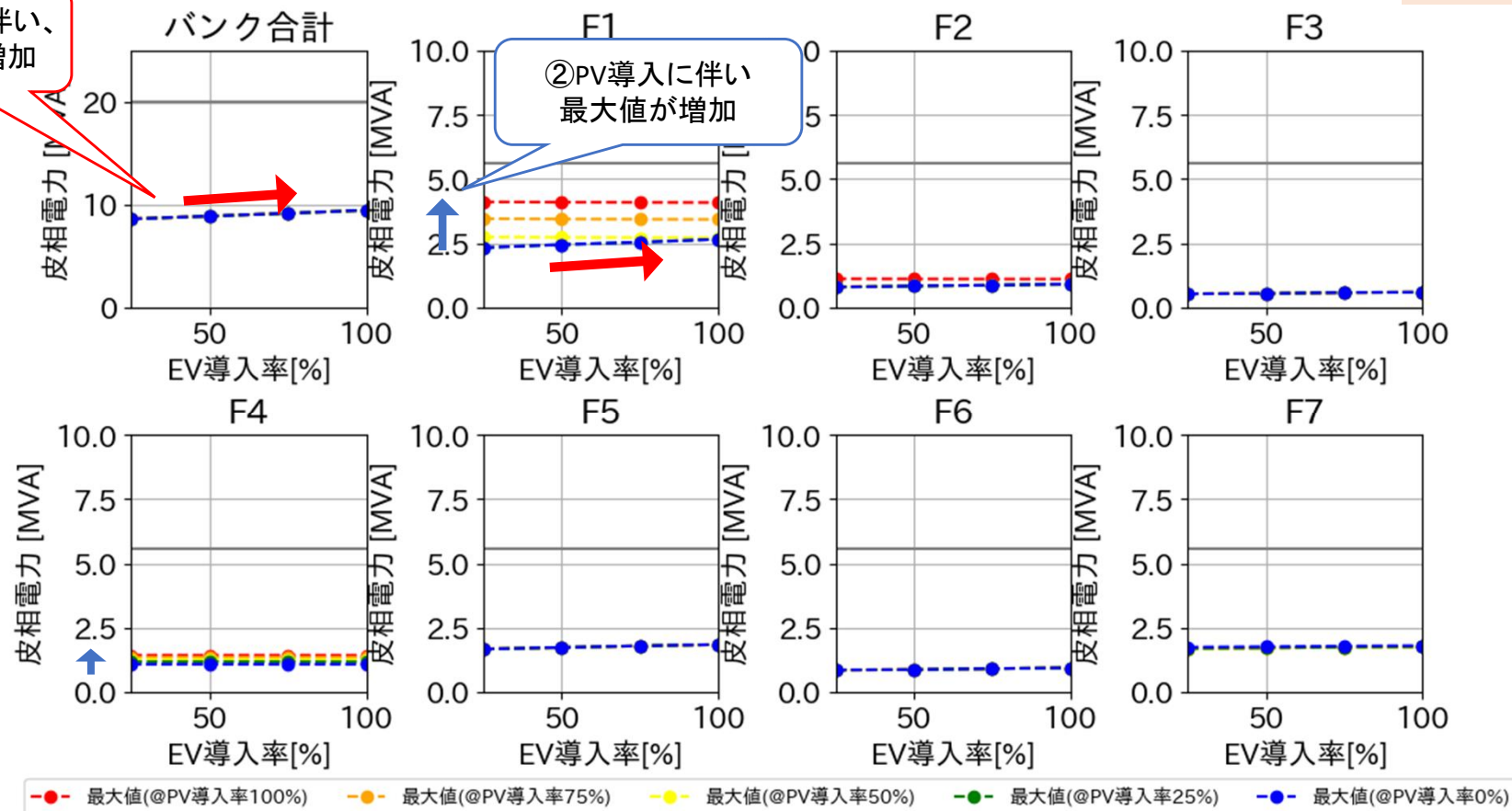


本ケースでは夜間(19時頃)の潮流が最大になっているため、PV導入量の増加による潮流最大値の変化はなく、EV導入量が増加すると、その影響を受けて潮流最大値が増加している。

潮流の評価

Dバンク
軽負荷期
急速充電器: 500kW

①EV導入に伴い、
最大値が増加



バンクを通過する皮相電力が、熱容量(20MVA)を超過しないことを確認した。

また、最大値が現れる時間帯に応じて、下記のような傾向が見られた。

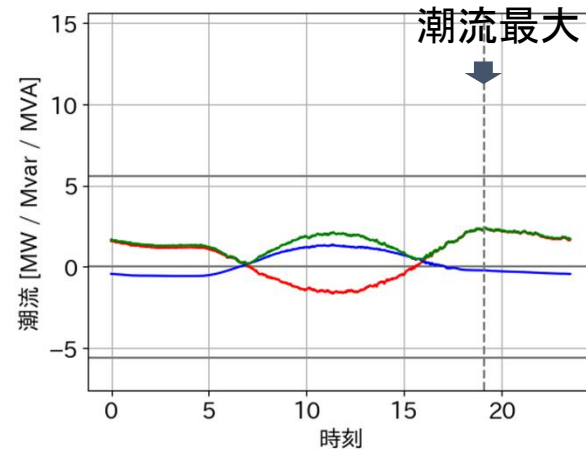
夜間の順潮流の皮相電力>日中の逆潮流の皮相電力→①のようにEVの導入に伴い、最大値が増加する。

夜間の順潮流の皮相電力<日中の逆潮流の皮相電力→②のようにPVの導入に伴い、最大値が増加する。

特に需要家軒数が多いF1においては、①と②両方の傾向が見られる。

F1の潮流の時系列(昼間に潮流最大となる例)

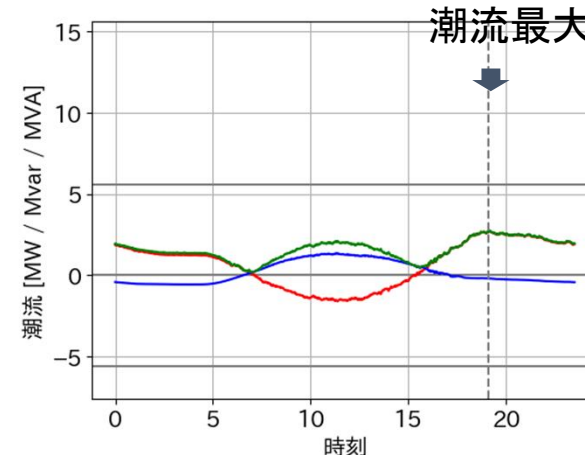
EV導入率:25%、PV導入率:25%



EV増加



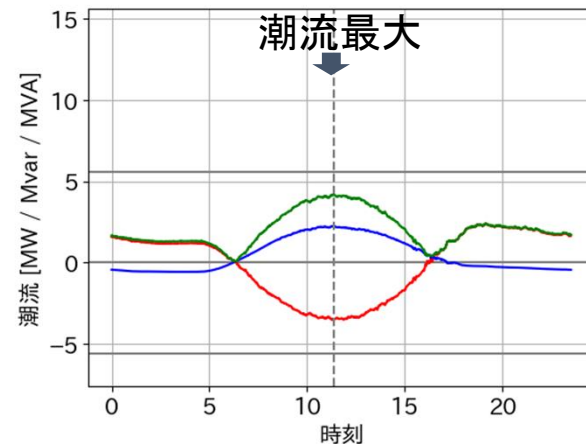
EV導入率:100%、PV導入率:25%



PV増加



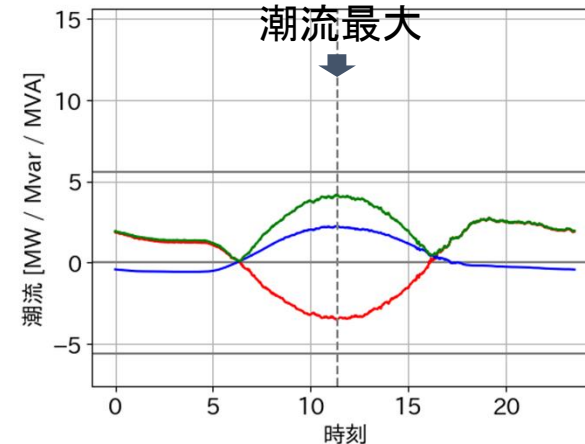
EV導入率:25%、PV導入率:100%



EV増加



EV導入率:100%、PV導入率:100%



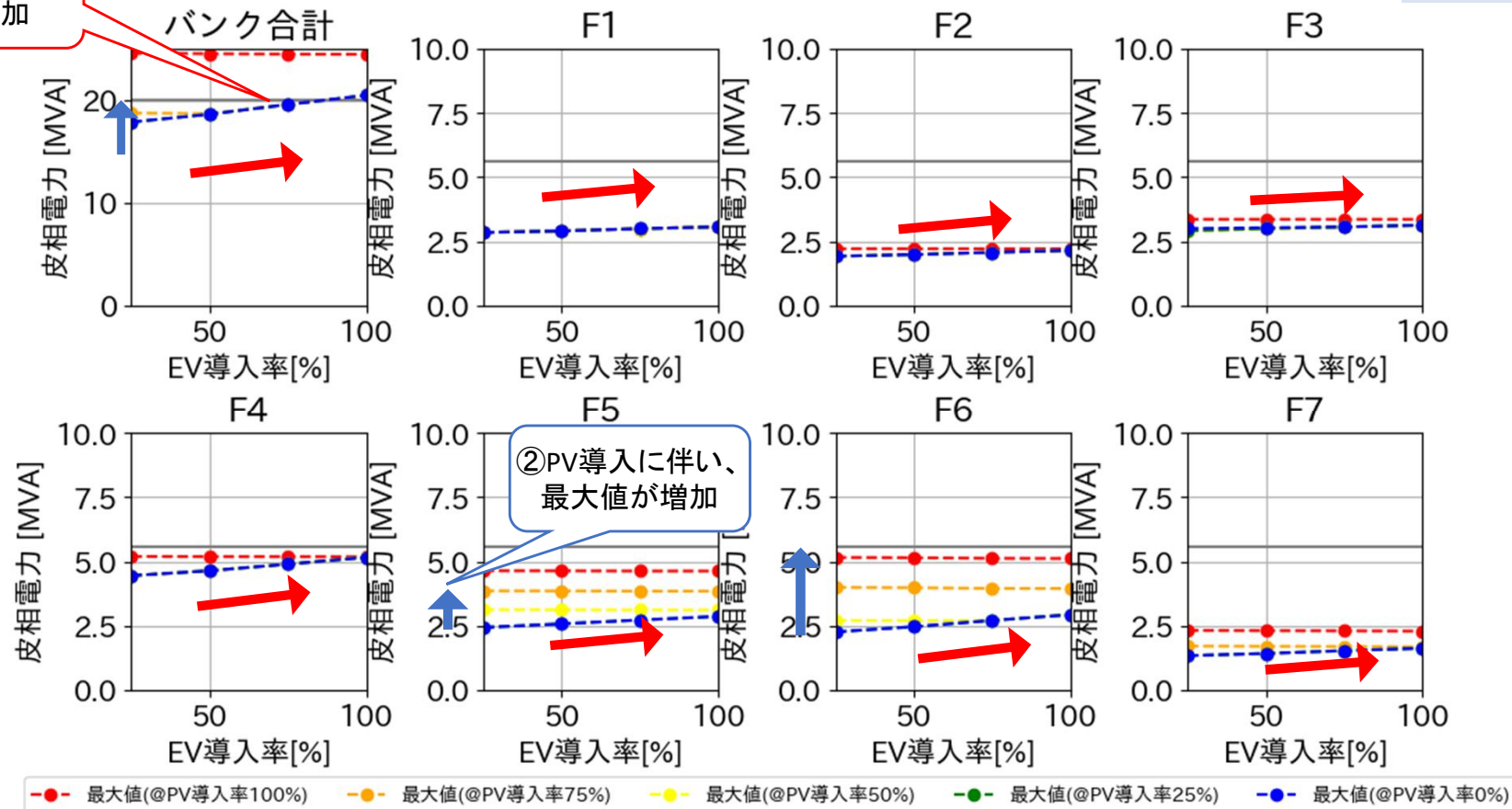
Dバンク
軽負荷期
急速充電器:500kW

バンクの潮流と異なり、フィーダー単位(例えばF1の場合)であれば、PVの導入によって日中に潮流が最大となるケースが存在する。
赤の矢印の向きに変化すると、夜間の順潮流>日中の逆潮流となり、EVの導入によってのみ最大値が増加する(PVの影響を受けない)
青の矢印の向きに変化すると、日中の逆潮流>夜間の順潮流となり、PVの導入によってのみ最大値が増加する(EVの影響を受けない)

潮流の評価

Hバンク
重負荷期
急速充電器:2000kW

①EV導入に伴い、
最大値が増加

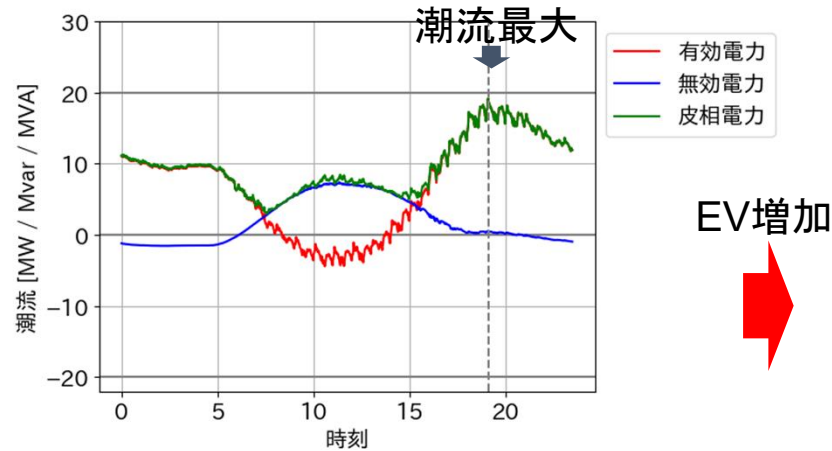


PV導入率またはEV導入率が100%となる時、バンクを通過する皮相電力が、熱容量(20MVA)を超過することを確認した。また、下記のような2つの動きが見られた。

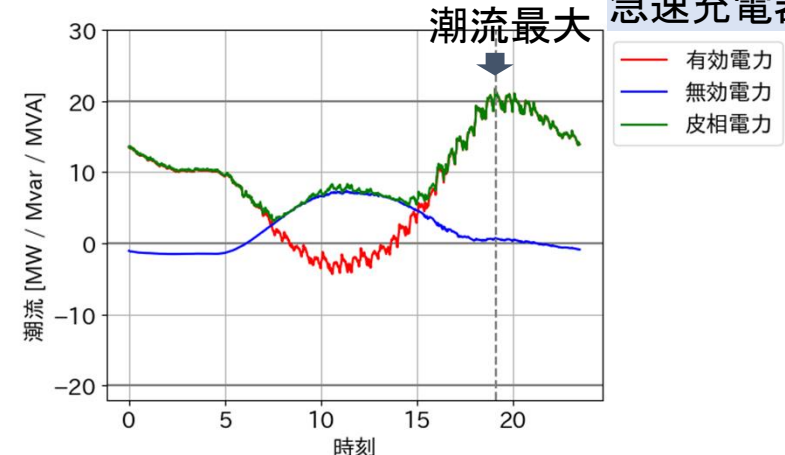
- ①夜間の順潮流の方が日中の逆潮流より大きい→EV導入に伴い最大値が増加する。
- ②日中の逆潮流の方が夜間の順潮流より大きい→PV導入に伴い最大値が増加する。

バンク潮流の時系列

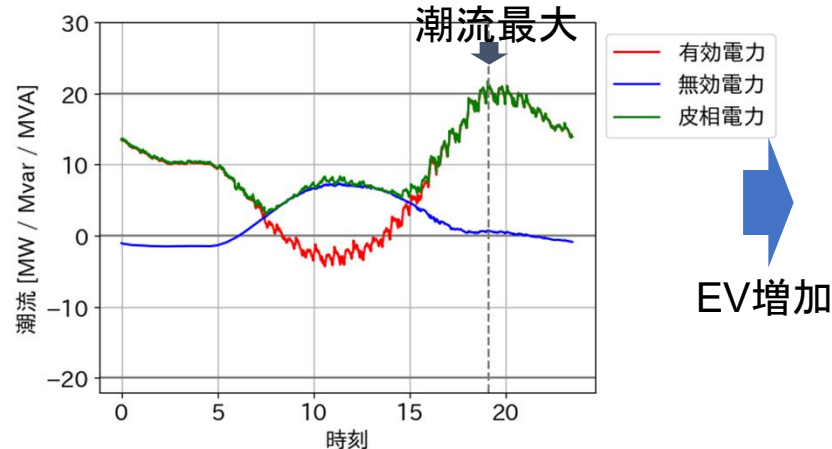
EV導入率:25%、PV導入率:25%



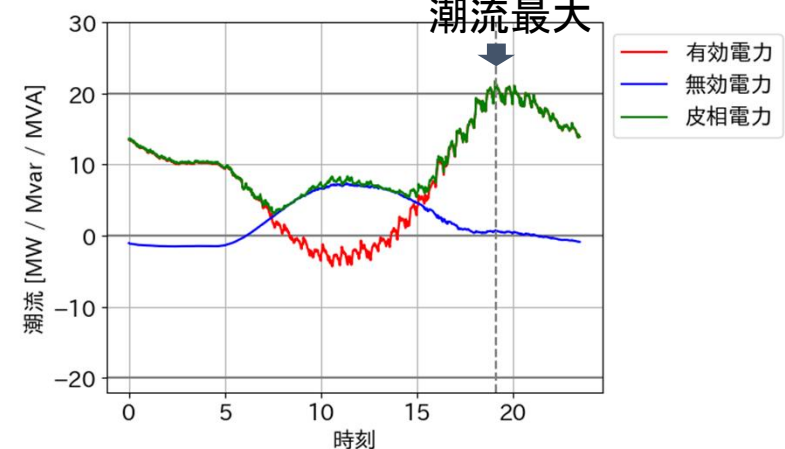
EV導入率:100%、PV導入率:25%



EV導入率:25%、PV導入率:100%



EV導入率:100%、PV導入率:100%



Hバンク
重負荷期
急速充電器:2000kW

赤の矢印の向きに変化すると、夜間の順潮流>日中の逆潮流となり、EVの導入によってのみ最大値が増加する(PVの影響を受けない)
青の矢印の向きに変化すると、日中の逆潮流>夜間の順潮流となり、PVの導入によってのみ最大値が増加する(EVの影響を受けない)

シミュレーション結果（過酷ケース、潮流）

過酷ケースとして、急速充電器が一斉に利用される場合を想定して、配電系統の潮流をシミュレーション評価した結果を示す。

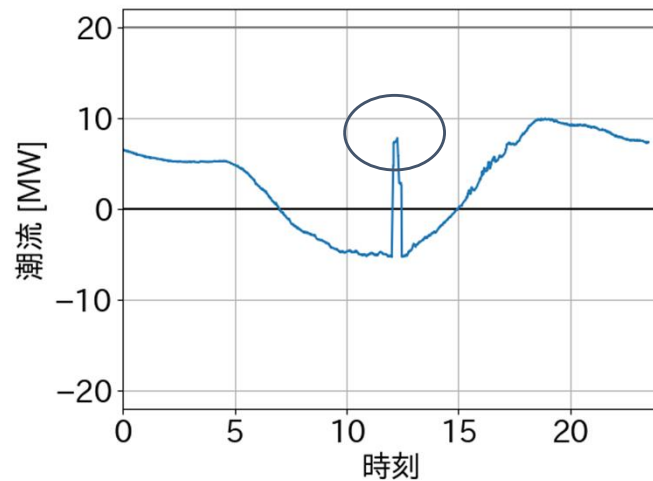
- Dバンク(郊外)、重負荷、急速充電2000kW
Dバンクの重負荷期に2000kWの急速充電器が一斉に利用されるケース

急速充電器が一斉利用される場合

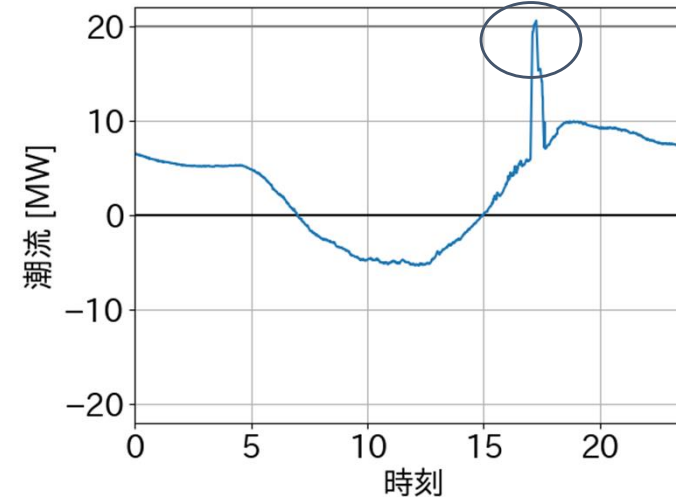
Dバンク・重負荷期
EV・PV導入率100%
急速充電器:2000kW

最過酷条件として、大きな潮流が発生するであろう条件(重負荷期・EV導入率100%, PV導入率100%)に対し、バンクに導入された急速充電器(22台/フィーダー×90kW = 1980kW/フィーダー)が一斉に充電された場合について、配電用変電所を通過する潮流が熱容量を超えるか否かを確認した。

12時に全ての急速充電器が一斉に利用された場合



17時に全ての急速充電器が一斉に利用された場合

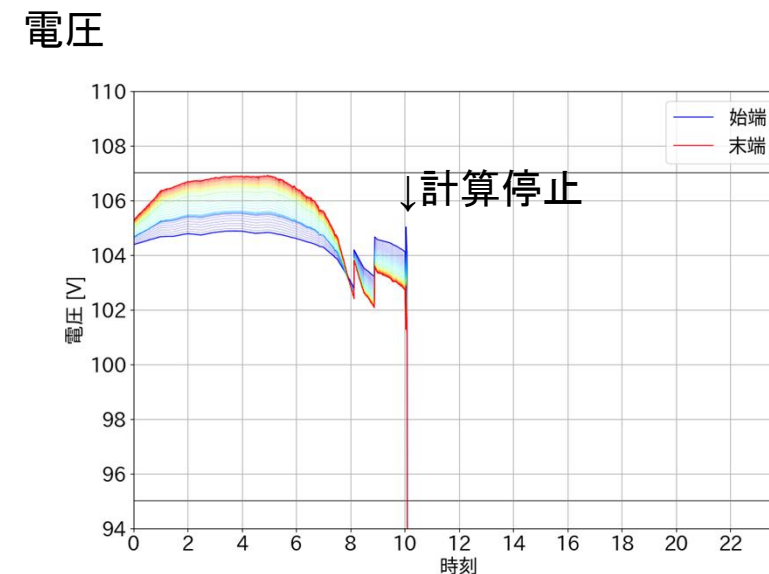
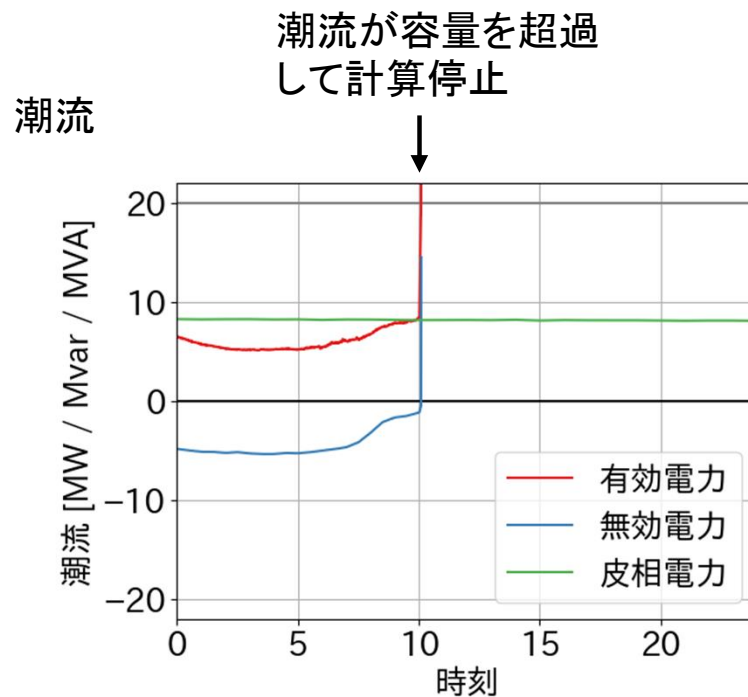


PVが発電している時間帯または他の負荷が小さい時間帯(2時～17時)であれば、急速充電器の充電負荷とPVの発電が相殺される。一方、それ以外の時間帯(0時～2時、17時～24時)に急速充電が一斉に利用されれば、バンク潮流が熱容量を超過する。

急速充電器が一斉利用される場合（解析不可）

Dバンク・重負荷期
EV導入率100%、PV導入率0%
急速充電器: 2000kW

最過酷条件のうち、PVの導入がないケースでは、急速充電器を日中（例えば10時）に一斉充電させると、配電線の潮流が容量を大幅に超過して計算ができないケースが存在した。



シミュレーション結果（基本ケース、電圧）

基本ケースのシミュレーション結果(500パターン)のうち、以下の代表ケースについて配電系統の電圧を評価した結果を示す。

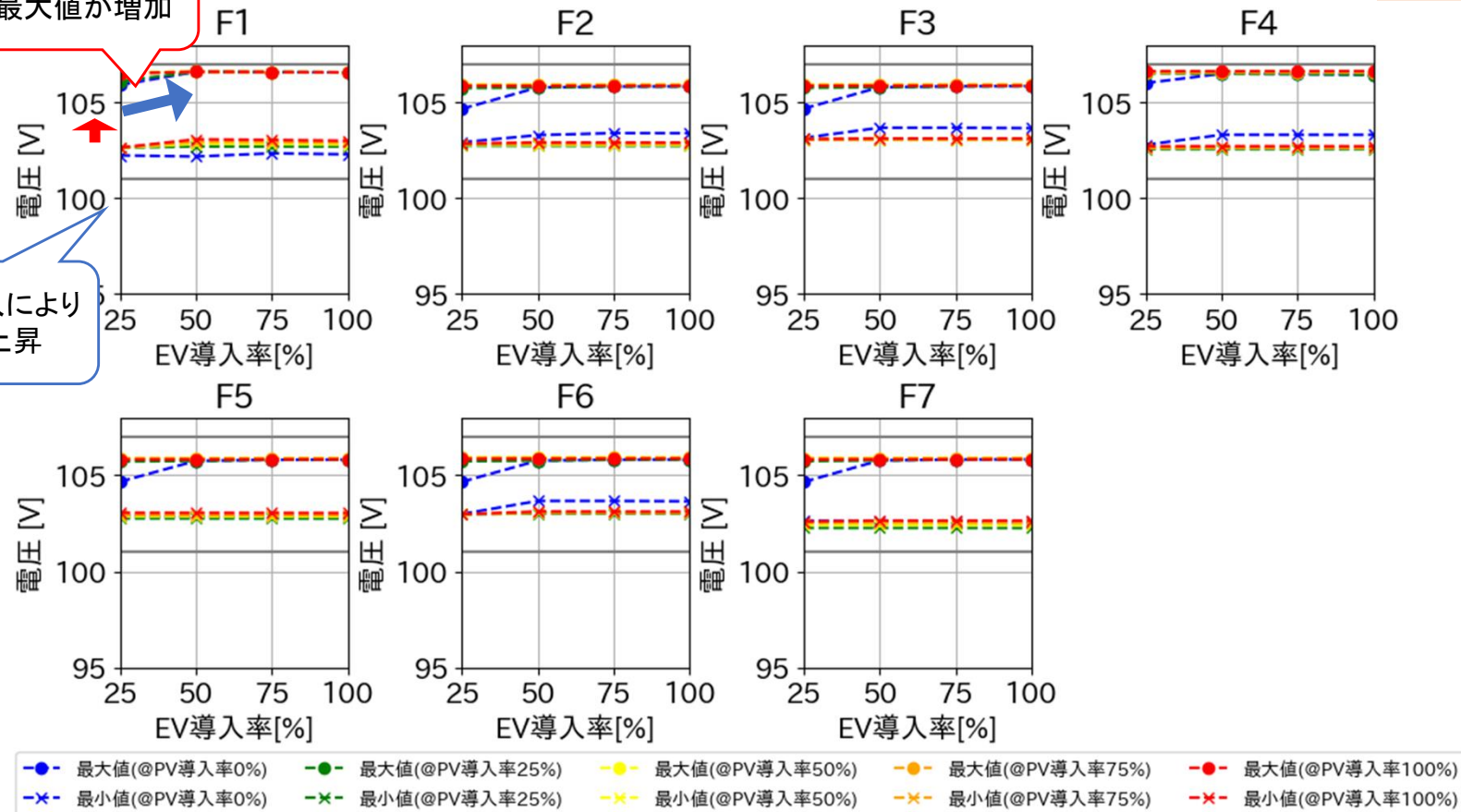
- Dバンク(郊外)、軽負荷、バンク内のフィーダあたり急速充電容量500kW
需要家軒数とバンク負荷が小さいケース
- Hバンク(住宅)、重負荷、バンク内のフィーダあたり急速充電容量2000kW
需要家軒数とバンク負荷が大きいケース

電圧の評価(30分平均)

Dバンク
軽負荷期
急速充電器:500kW

①PV導入により
最大値が増加

①EV導入により
電圧上昇

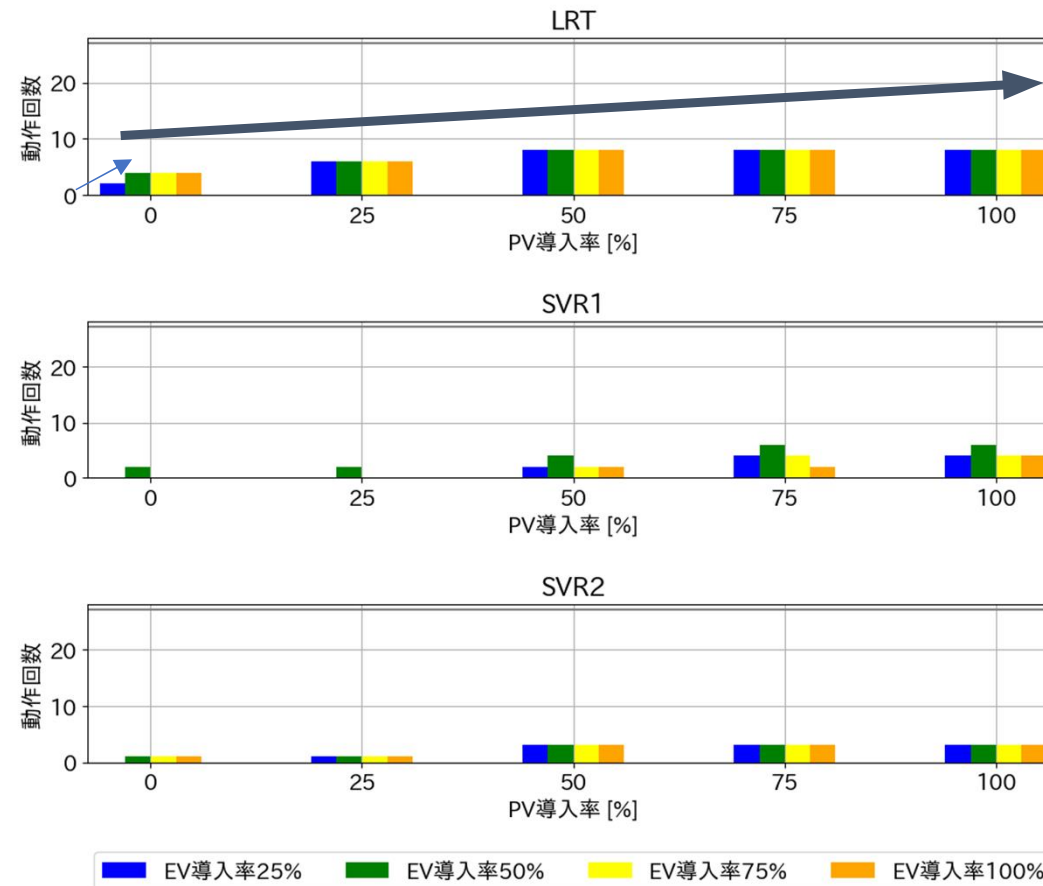


電圧が上限値と下限値の間に収まった。また、下記の傾向が確認された。

- ① PVの導入に伴い最大値が増加する。
- ② EV25%→EV50%の段階で、電圧最小値と最大値が増加するケースが見られる（夕方の電圧降下を補償するためのタップの動作が影響している）。

タップ動作回数

Dバンク
重負荷期
急速充電器: 500kW

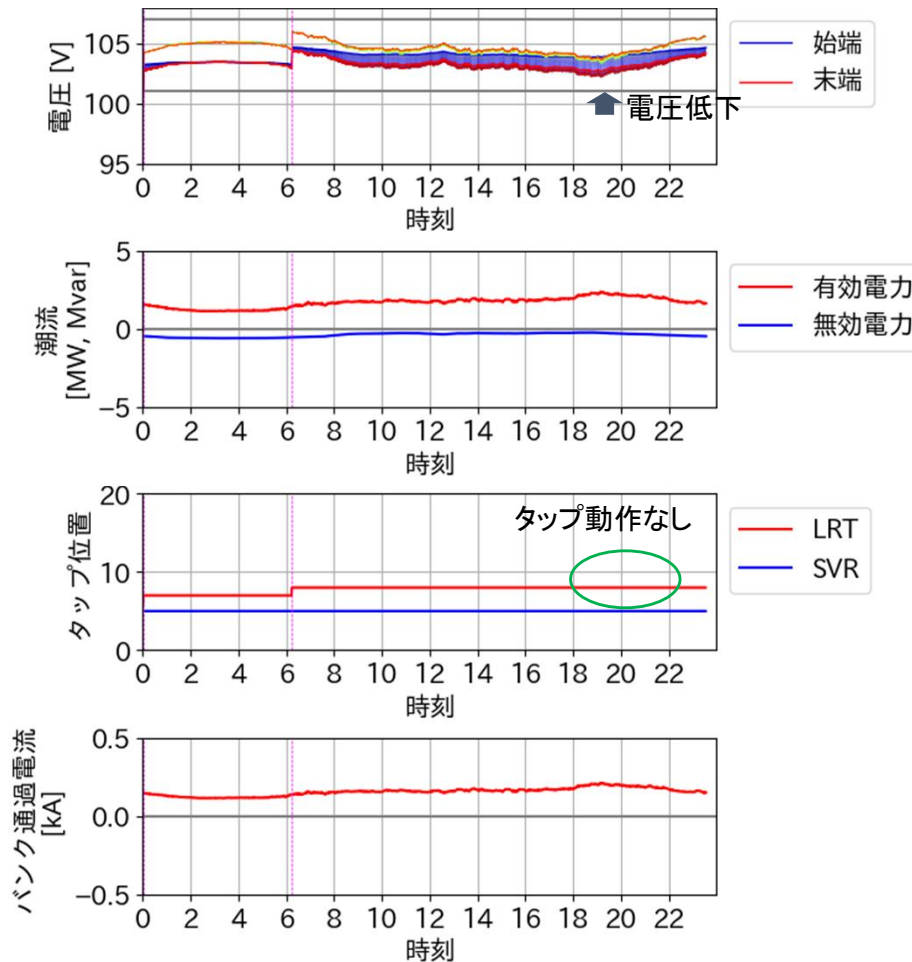


- ◆ 全体的に(特にLRTについて)、PVの導入率が増えるほど動作回数が多くなる傾向にあった。

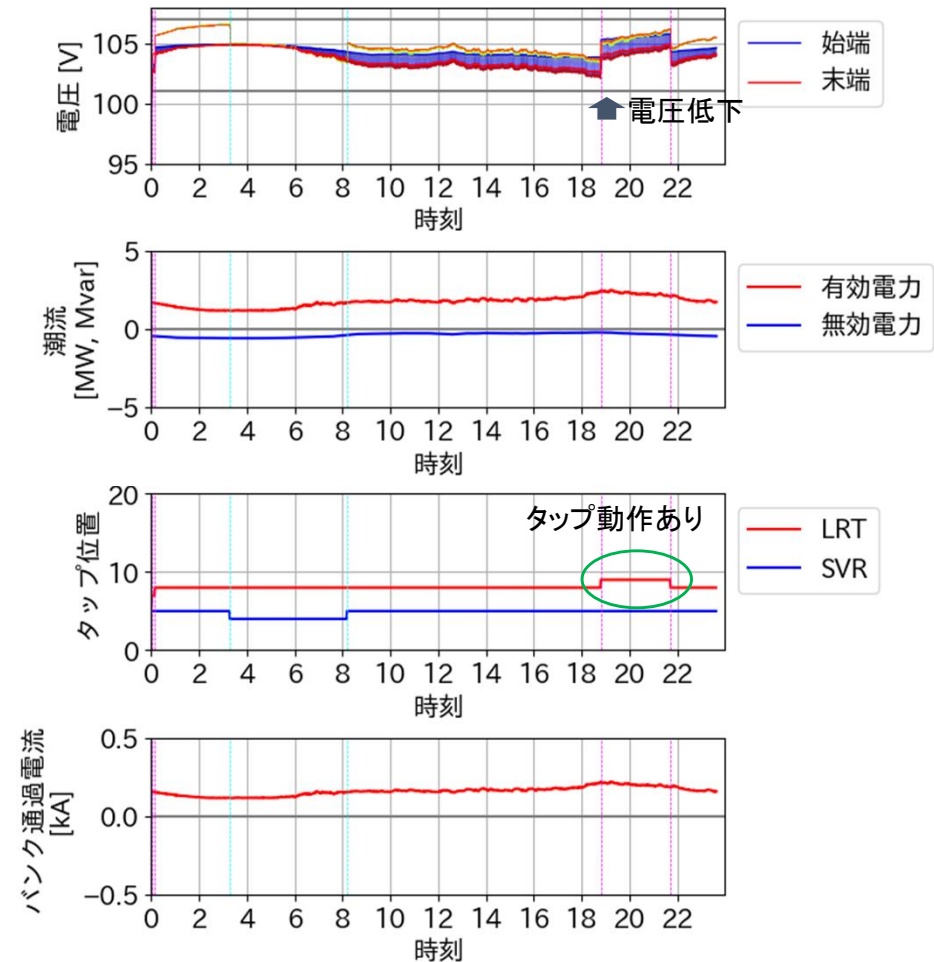
F1の電圧とタップ動作 (EV25%→EV50%)

Dバンク・軽負荷期
急速充電器: 500kW

PV導入率0%, EV導入率25%



PV導入率0%, EV導入率50%

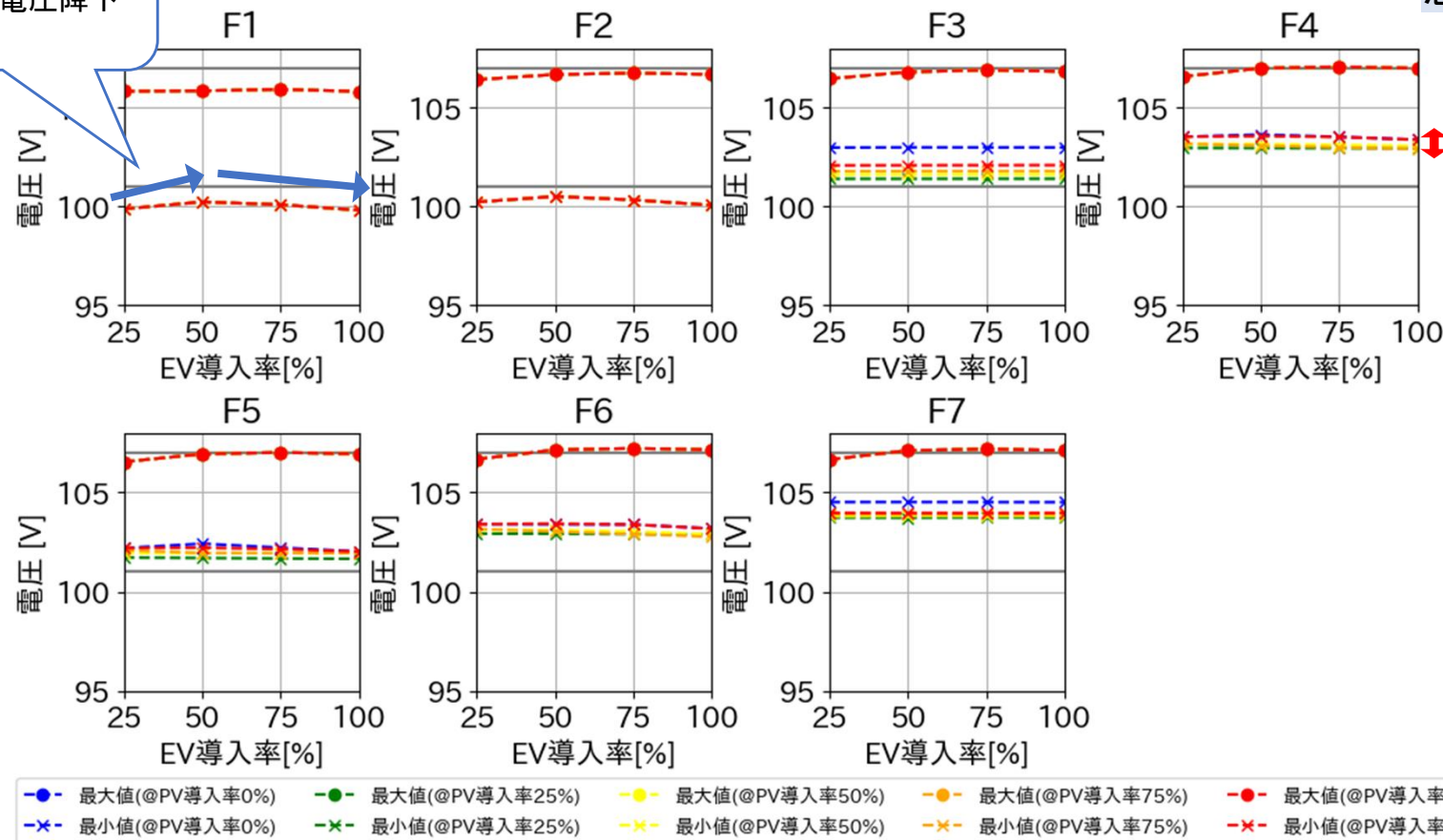


夕方のEV充電がピークとなる時間帯(19時)に電圧が低下し、EV25%よりもEV50%の方ではより電圧が下がり、電圧を適正範囲に維持するためにLRTのタップが動作し、急速に電圧上昇する。結果として、EV導入率25%の時の方が電圧を30分平均した値が小さくなる。

電圧の評価(30分平均)

②EV25%→50%で電圧上昇
EV50%以上で電圧降下

Hバンク
重負荷期
急速充電器:2000kW

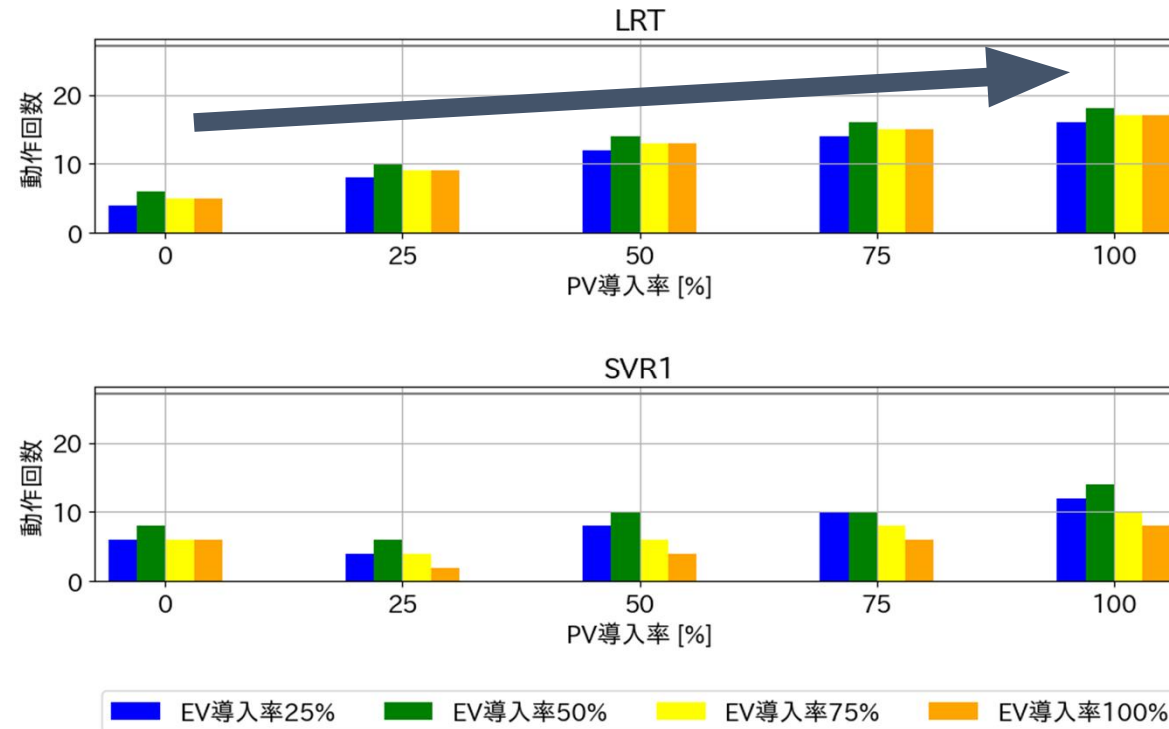


F1, F2では全てのケースで電圧が下限値を逸脱している。また、F4、F5、F6、F7において一部のケースで電圧が上限値を逸脱している。

- ① PV導入率の影響を受けて最小値が増加または減少する。
- ② EV導入率25%→50%で最小値が増加し、EV導入率>50%では減少する。

タップ動作回数

Hバンク
重負荷期
急速充電器: 2000kW

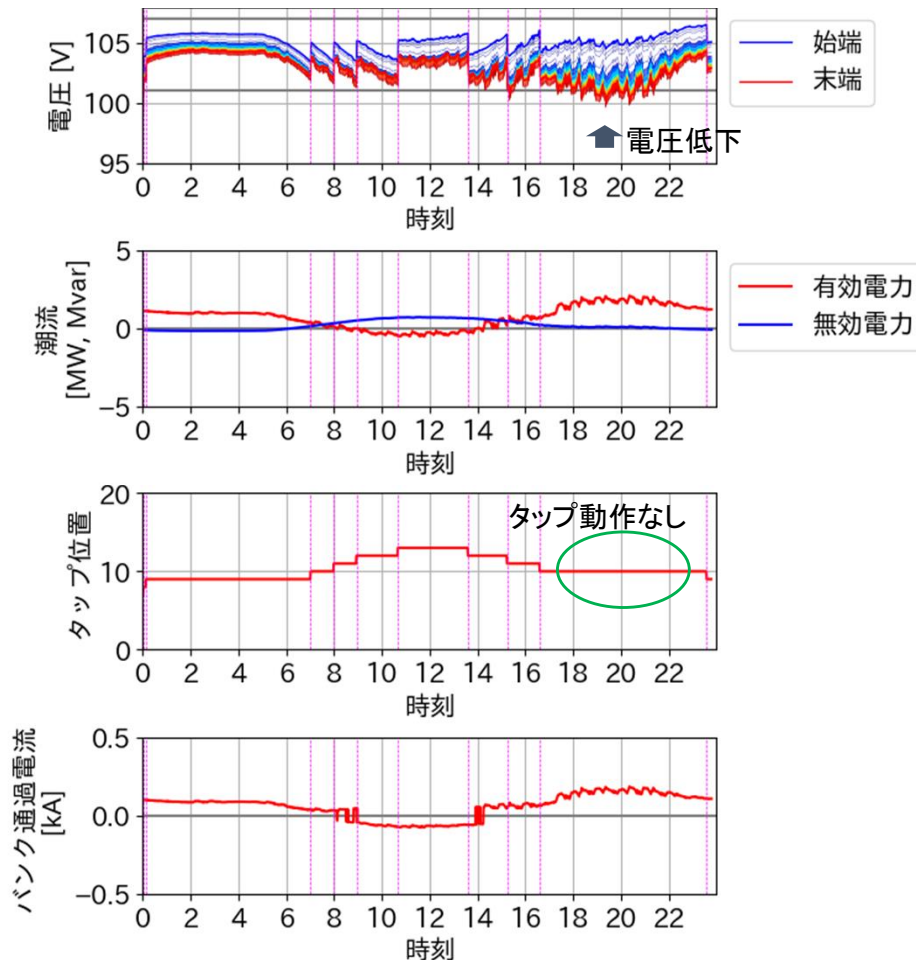


- ◆ 全体的に(特にLRTについて)、PVの導入率が増えるほど動作回数が多くなる傾向にある。

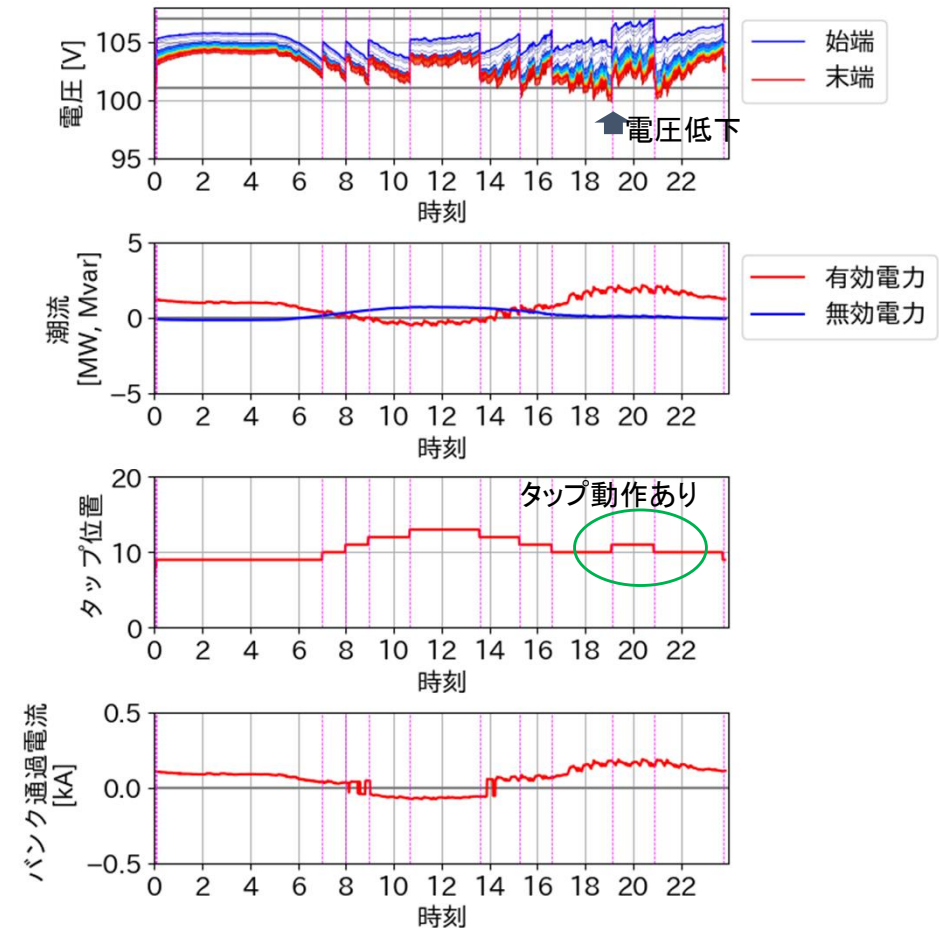
F2の電圧とタップ動作 (EV25%→EV50%)

Hバンク・重負荷期
急速充電器: 2000kW

PV導入率25%, EV導入率25%



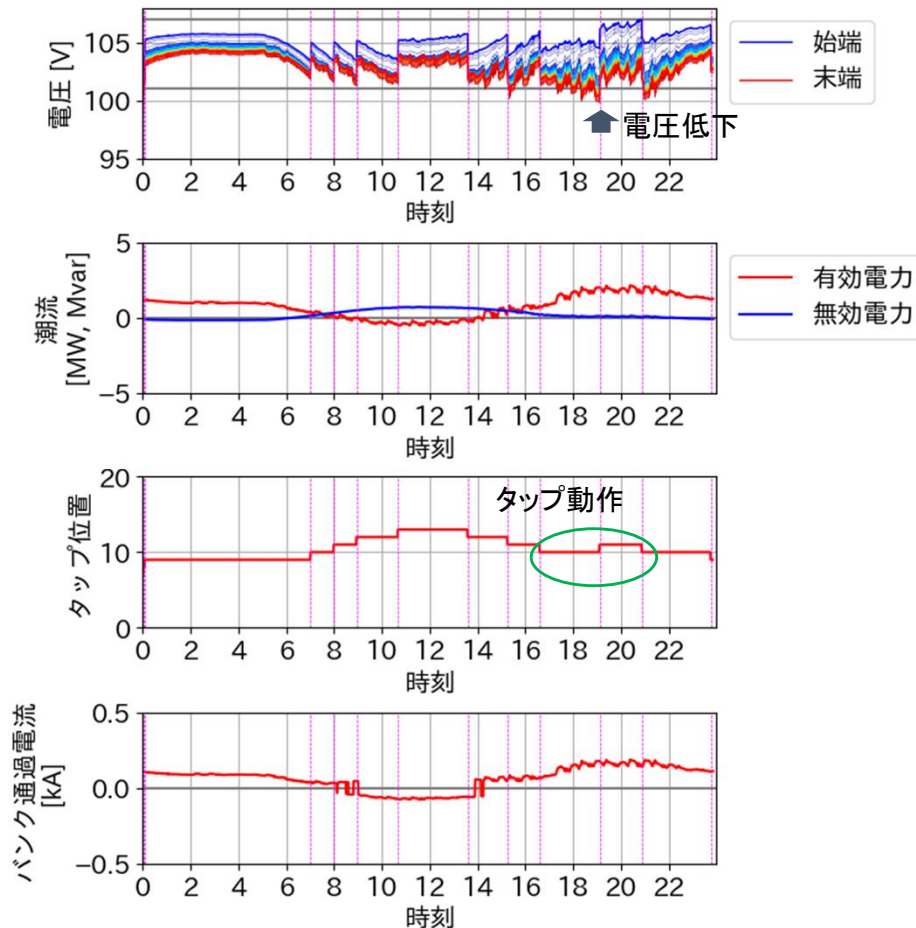
PV導入率25%, EV導入率50%



夕方のEV充電が始まる時間帯(19時)に電圧が低下し、EV25%よりもEV50%の方ではより電圧が下がり、電圧を適正範囲に維持するためにLRTのタップが動作し、急速に電圧上昇する。結果として、EV導入率25%の時の方が電圧を30分平均した値が小さくなる。

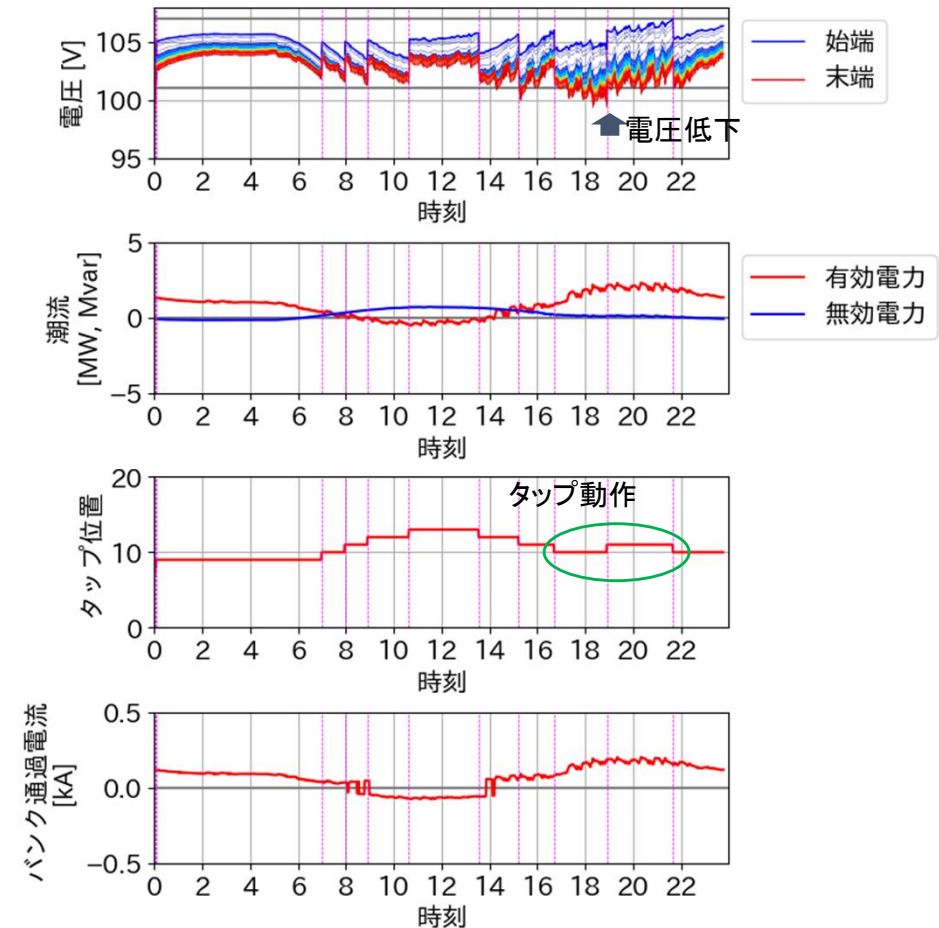
F2の電圧とタップ動作 (EV50%→EV100%)

PV導入率25%, EV導入率50%



PV導入率25%, EV導入率100%

Hバンク・重負荷期
急速充電器: 2000kW



夕方のEV充電がピークとなる時間帯(19時)に電圧が低下する。EV導入率50%のケースとEV導入率100%のケースでは、同時間帯のタップ位置が同じであるため、単純に負荷が大きいEV導入率100%の方が電圧が小さくなる。

評価結果まとめ(基本ケース、電圧)

基本ケースの電圧評価結果をPV導入率、EV導入率、急速充電器導入量をパラメータにして、表形式に取りまとめた。

- Dバンク(郊外)、軽負荷 p67、69、70
- Dバンク(郊外)、重負荷 p68、71、72
- Hバンク(住宅)、軽負荷 p73、75、76
- Hバンク(住宅)、重負荷 p74、77、78

評価結果表の見方

表を横方向に見るとPV導入量は一定でEV導入量を変化させたときの評価が確認できる

表を縦方向に見るとEV導入量は一定でPV導入量を変化させたときの評価が確認できる

それぞれの表のPV導入量とEV導入量が同じマス同士を比較することで、急速充電器導入量を変化させたときの評価が確認できる

急速充電器: なし

PV導入量	EV導入量	0%	25%	50%	75%	100%
100%	2	2	2	2	2	2
75%	0	0	1	1	1	1
50%	0	0	1	1	1	1
25%	0	0	1	1	1	1
0%	0	0	1	1	1	1

例) この縦矢印の方向に表を見ると、EV導入量0%の条件で、PV導入量を変化させた時の評価が可能

1 ±	電圧上限 × 電圧下限 ×
2	バンク潮流 ×

例) この横矢印の方向に表を見ると、PV導入量0%の条件でEV導入量を変化させた時の評価が可能

2 ±	電圧上限 × 電圧下限 × バンク潮流 ×	101V) を基準に小数点第2位を四捨五入し判定
-----	-----------------------------	--------------------------

急速充電器: 500kW

PV導入量	EV導入量	25%	50%	75%	100%
100%	2	2	2	2	2 ±
75%	1	1	1	1	1 ±
50%	1	1	1	1	1 ±
25%	1	1	1	1	1 ±
0%	1	1	1	1	1 ±

急速充電器: 1000kW

PV導入量	EV導入量	25%	50%	75%	100%
100%		2	2	2	2 ±
75%		1	1	1	1 ±
50%		1	1	1	1 ±
25%		1	1	1	1 ±
0%		1	1	1	1 ±
	25%				

例) 赤枠部分
PV導入量50%
急速充電器

急速充電器: 1500kW

PV導入量	EV導入量	25%	50%	75%	100%
100%	2	2	2	2 ±	2 ±
75%	1	1	1	1 ±	2 ±
50%	1	1	1	1 ±	2 ±
25%	1	1	1	1 ±	2 ±

急速充電器: 2000kW

PV導入量	EV導入量	25%	50%	75%	100%
100%	2	2	2 ±	2 ±	2 ±
75%	1	1	1 ±	1 ±	2 ±
50%	1	1	1 ±	1 ±	2 ±
25%	1	1	1 ±	1 ±	2 ±
0%	1	1	1 ±	1 ±	2 ±

例) 赤枠部分の数値を比較することで、PV導入量50%、EV導入量25%の条件で急速充電器導入量を変化させた時の評価が可能

- ◆ PV導入量増加による影響: 逆潮流によるバンク潮流超過(フィーダ潮流のみの超過はなし)
- ◆ EV導入量増加による影響: 電圧逸脱が増加(注)、急速充電器1500kW以上では順調流によるバンク潮流超過が発生

(注) EV導入により配電線の電圧が低下して電圧逸脱が発生するが、系統側の制御で低下した電圧を上げようとした結果、上げ過ぎて上限を超過するケースもある。

各ケースの比較：Dバンク・軽負荷

急速充電器を導入した各バンク
ケースにおいて、次のパラメータ

- ・普通充電器導入量 (EV導入量)
- ・PV導入量

を変化させたときの系統への影
響を表で示す

急速充電器：なし

PV導入量	EV導入量	0%	25%	50%	75%	100%
100%	0	0	0	0	0	0
75%	0	0	0	0	0	0
50%	0	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0	0
0%	0	0	0	0	0	0

EV導入量

小
配電系統への影響度
大
未知数

凡例

0	規定の範囲内
1 +	電圧上限 ×
1 -	電圧下限 ×
1 ±	電圧上限 × 電圧下限 ×
2	バンク潮流 ×
2 +	電圧上限 × バンク潮流 ×
2 -	電圧下限 × バンク潮流 ×
2 ±	電圧上限 × 電圧下限 × バンク潮流 ×
3	解析不可

※電圧は変圧器2次側
電圧 (107V~101V) を
基準に小数点第2位を
四捨五入し判定

※1+と1-、2+と2-
については、電圧の上
限逸脱か下限逸脱か
の違いであるため、配
電系統への影響度に
差はないとして評価

急速充電器：500kW

PV導入量	EV導入量	0%	25%	50%	75%	100%
100%	0	0	0	0	0	0
75%	0	0	0	0	0	0
50%	0	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0	0
0%	0	0	0	0	0	0

EV導入量

急速充電器：1000kW

PV導入量	EV導入量	0%	25%	50%	75%	100%
100%	0	0	0	0	0	0
75%	0	0	0	0	0	0
50%	0	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0	0
0%	0	0	0	0	0	0

EV導入量

急速充電器：1500kW

PV導入量	EV導入量	0%	25%	50%	75%	100%
100%	0	0	0	0	0	0
75%	0	0	0	0	0	0
50%	0	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0	0
0%	0	0	0	0	0	0

EV導入量

急速充電器：2000kW

PV導入量	EV導入量	0%	25%	50%	75%	100%
100%	0	0	0	0	0	0
75%	0	0	0	0	0	0
50%	0	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0	0
0%	0	0	0	0	0	0

EV導入量

◆ すべての検討ケースにおいて電圧・潮流 (バンク潮流及びフィーダ潮流※) とともに規定の範囲内

※フィーダ潮流は東京電力PG「流通設備計画ルール」における大容量配電線「510A」を基準に判定

各ケースの比較：Dバンク・重負荷

急速充電器を導入した各バンク
ケースにおいて、次のパラメータ

- ・普通充電器導入量 (EV導入量)
- ・PV導入量

を変化させたときの系統への影
響を表で示す

急速充電器：なし

PV導入量	100%	75%	50%	25%	0%
EV導入量	0	0	0	0	0
100%	0	0	0	0	0
75%	0	0	0	0	0
50%	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0
0%	0	0	0	0	0

EV導入量

小
配電系統への影響度
大
未知数

凡例

0	規定の範囲内
1 +	電圧上限 ×
1 -	電圧下限 ×
1 ±	電圧上限 × 電圧下限 ×
2	バンク潮流 ×
2 +	電圧上限 × バンク潮流 ×
2 -	電圧下限 × バンク潮流 ×
2 ±	電圧上限 × 電圧下限 × バンク潮流 ×
3	解析不可

※電圧は変圧器2次側
電圧(107V~101V)を
基準に小数点第2位を
四捨五入し判定

※1+と1-、2+と2-
については、電圧の上
限逸脱か下限逸脱か
の違いであるため、配
電系統への影響度に
差はないとして評価

急速充電器：500kW

PV導入量	100%	75%	50%	25%	0%
EV導入量	0	0	0	0	0
100%	0	0	0	0	0
75%	0	0	0	0	0
50%	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0
0%	0	0	0	0	0

EV導入量

急速充電器：1000kW

PV導入量	100%	75%	50%	25%	0%
EV導入量	0	0	0	0	0
100%	0	0	0	0	0
75%	0	0	0	0	0
50%	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0
0%	0	0	0	0	0

EV導入量

急速充電器：1500kW

PV導入量	100%	75%	50%	25%	0%
EV導入量	0	0	0	0	0
100%	0	0	0	0	0
75%	0	0	0	0	0
50%	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0
0%	0	0	0	0	0

EV導入量

急速充電器：2000kW

PV導入量	100%	75%	50%	25%	0%
EV導入量	0	0	0	0	0
100%	0	0	0	0	0
75%	0	0	0	0	0
50%	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0
0%	0	0	0	0	0

EV導入量

◆ すべての検討ケースにおいて電圧・潮流(バンク潮流及びフィーダ潮流)ともに規定の範囲内

LRTタップ動作回数：Dバンク・軽負荷

急速充電器を導入した各ケースにおいて、次のパラメータ

- ・普通充電器導入量 (EV導入量)
- ・PV導入量

を変化させたときのLRTのタップ動作回数を示す。表中の矢印は、タップ動作回数が増える向きを指す。

急速充電器：なし

PV導入量	100%	8	8	8	8	8
	75%	8	8	8	8	8
	50%	8	8	8	8	8
	25%	6	6	6	6	6
	0%	2	2	2	4	4
		0%	25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：500kW

PV導入量	100%	8	8	8	8
	75%	8	8	8	8
	50%	8	8	8	8
	25%	6	6	6	6
	0%	2	4	4	4
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：1000kW

PV導入量	100%	8	8	8	8
	75%	8	8	8	8
	50%	8	8	8	8
	25%	6	6	6	6
	0%	4	4	4	4
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：1500kW

PV導入量	100%	8	8	8	8
	75%	8	8	8	8
	50%	8	8	8	8
	25%	6	6	6	6
	0%	4	4	4	4
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：2000kW

PV導入量	100%	8	8	8	8
	75%	8	8	8	8
	50%	8	8	8	8
	25%	6	6	6	6
	0%	4	4	4	4
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

- ◆ PVが増えるに従い、電圧上昇を抑制するためにタップ動作回数が増える。
- ◆ 急速充電器容量が小さく、PV導入率が低ければ、普通充電器の導入に伴う電圧降下を抑制するため、タップ動作回数が増える。

SVRタップ動作回数：Dバンク・軽負荷

急速充電器を導入した各バンクケースにおいて、次のパラメータ

- ・普通充電器導入量(EV導入量)
- ・PV導入量

を変化させたときのSVRのタップ動作回数を示す。なお、Dバンクには2つのSVRが存在し、両者のうち動作回数が多かった方の値を示している。

急速充電器：なし

PV導入量	100%	4	4	6	4	4
	75%	4	4	6	4	4
	50%	3	3	4	3	3
	25%	1	1	2	1	1
	0%	0	0	2	1	1
	0%	25%	50%	75%	100%	

EV導入量

急速充電器：500kW

PV導入量	100%	4	6	4	4
	75%	4	4	3	3
	50%	3	4	3	3
	25%	1	2	1	1
	0%	0	2	1	1
	25%	50%	75%	100%	

EV導入量

急速充電器：1000kW

PV導入量	100%	4	6	4	4
	75%	4	4	3	3
	50%	3	4	3	3
	25%	1	2	3	3
	0%	1	2	1	1
	25%	50%	75%	100%	

EV導入量

急速充電器：1500kW

PV導入量	100%	4	6	4	4
	75%	3	4	3	3
	50%	3	4	3	3
	25%	3	3	3	3
	0%	1	2	1	2
	25%	50%	75%	100%	

EV導入量

急速充電器：2000kW

PV導入量	100%	4	6	4	4
	75%	3	4	1	1
	50%	3	4	3	3
	25%	3	3	3	3
	0%	1	2	1	1
	25%	50%	75%	100%	

EV導入量

- ◆ どのケースにおいても、動作回数の上限(27回)を超えることはなかった。
- ◆ PVの導入量の増加により、動作回数が増えた。

LRTタップ動作回数：Dバンク・重負荷

急速充電器を導入した各バンク
ケースにおいて、次のパラメータ

- ・普通充電器導入量 (EV導入量)
- ・PV導入量

を変化させたときのLRTのタップ
動作回数を示す。表中の矢印は、
タップ動作回数が増える向きを指
す。

急速充電器：なし

PV導入量	100%	10	10	10	10	10
	75%	8	8	8	8	8
	50%	8	8	8	8	8
	25%	6	6	6	6	6
	0%	4	4	4	4	4
		0%	25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：500kW

PV導入量	100%	10	10	10	9
	75%	8	8	8	7
	50%	8	8	8	7
	25%	6	6	6	5
	0%	4	4	4	3
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：1000kW

PV導入量	100%	10	10	9	9
	75%	8	8	7	7
	50%	8	8	7	7
	25%	6	6	5	5
	0%	4	4	3	3
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：1500kW

PV導入量	100%	10	10	9	9
	75%	8	8	7	7
	50%	8	8	7	7
	25%	6	6	5	5
	0%	4	4	3	3
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：2000kW

PV導入量	100%	10	10	9	9
	75%	8	8	7	7
	50%	8	10	9	9
	25%	6	6	5	5
	0%	4	4	3	3
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

- ◆ PVが増えるに従い、電圧上昇を抑制するためにタップ動作回数が増える。
- ◆ 急速充電器が導入されると、充電負荷による電圧低下を抑制するため、タップ動作回数が増える。

SVRタップ動作回数：Dバンク・重負荷

急速充電器を導入した各バンクケースにおいて、次のパラメータ

- ・普通充電器導入量(EV導入量)
- ・PV導入量

を変化させたときのSVRのタップ動作回数を示す。なお、Dバンクには2つSVRが存在し、両者のうち動作回数が多かった方の値を示している。

急速充電器：なし

PV導入量	100%	6	6	6	6
	75%	2	2	2	4
	50%	4	4	4	4
	25%	2	2	2	4
	0%	2	2	2	4
		0%	25%	50%	75%

EV導入量

急速充電器：500kW

PV導入量	100%	6	6	6	6
	75%	2	2	4	4
	50%	2	2	4	4
	25%	2	2	4	4
	0%	2	2	4	4
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：1000kW

PV導入量	100%	7	7	6	6
	75%	3	5	4	4
	50%	4	3	4	4
	25%	4	4	6	4
	0%	3	3	4	4
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：1500kW

PV導入量	100%	7	6	6	8
	75%	5	2	4	4
	50%	5	4	8	8
	25%	4	4	6	6
	0%	3	2	4	4
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：2000kW

PV導入量	100%	7	8	8	8
	75%	4	4	6	6
	50%	6	8	10	10
	25%	5	6	6	6
	0%	3	4	4	4
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

- ◆ どのケースにおいても、動作回数の上限(27回)を超えることはなかった。
- ◆ 急速充電器が導入されると、充電負荷による電圧低下を抑制するため、タップ動作回数が増える。

各ケースの比較：Hバンク・軽負荷

急速充電器を導入した各バンク
ケースにおいて、次のパラメータ

- ・普通充電器導入量 (EV導入量)
- ・PV導入量

を変化させたときの系統への影
響を表で示す

急速充電器：なし

PV導入量	EV導入量	0%	25%	50%	75%	100%
100%	2	2	2	2	2	2
75%	2	2	2	2	2	2
50%	0	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0	0
0%	0	0	0	0	0	0

EV導入量

小
配電系統への影響度
大
未知数

凡例

0	規定の範囲内
1 +	電圧上限 ×
1 -	電圧下限 ×
1 ±	電圧上限 × 電圧下限 ×
2	バンク潮流 ×
2 +	電圧上限 × バンク潮流 ×
2 -	電圧下限 × バンク潮流 ×
2 ±	電圧上限 × 電圧下限 × バンク潮流 ×
3	解析不可

※電圧は変圧器2次側
電圧(107V~101V)を
基準に小数点第2位を
四捨五入し判定

※1+と1-、2+と2-
については、電圧の上
限逸脱か下限逸脱か
の違いであるため、配
電系統への影響度に
差はないとして評価

急速充電器：500kW

PV導入量	EV導入量	25%	50%	75%	100%
100%	2	2	2	2	2
75%	2	2	2	2	2
50%	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0
0%	0	0	1-	0	0

EV導入量

急速充電器：1000kW

PV導入量	EV導入量	25%	50%	75%	100%
100%	2	2	2	2	2-
75%	0	0	0	1-	1-
50%	0	0	0	1-	1-
25%	0	0	0	1-	1-
0%	0	0	0	1-	1-

EV導入量

急速充電器：1500kW

PV導入量	EV導入量	25%	50%	75%	100%
100%	2	2	2	2	2-
75%	0	0	1-	1-	1-
50%	0	0	0	1-	1-
25%	0	0	0	1-	1-
0%	1-	0	1-	1-	1-

EV導入量

急速充電器：2000kW

PV導入量	EV導入量	25%	50%	75%	100%
100%	2	2	2	2	2-
75%	0	0	1-	1-	1-
50%	0	0	1-	1-	1-
25%	0	0	1-	1-	1-
0%	1-	0	1-	1-	1-

EV導入量

- ◆ PV導入量増加による影響：逆潮流によるバンク潮流超過(フィーダ潮流のみの超過はなし)
- ◆ EV導入量増加による影響：電圧逸脱(主に下限方向)が増加^(注)

(注) 電圧逸脱が生じてから電圧制御が働く場合があり、EV導入量が多いケースで一時的に電圧逸脱が発生するケースもある。

各ケースの比較：Hバンク・重負荷

急速充電器を導入した各バンク
ケースにおいて、次のパラメータ

- ・普通充電器導入量 (EV導入量)
- ・PV導入量

を変化させたときの系統への影
響を表で示す

急速充電器：なし

PV導入量	EV導入量	0%	25%	50%	75%	100%
100%	2	2	2-	2-	2-	2-
75%	0	0	1-	1-	1-	1-
50%	0	0	1-	1-	1-	1-
25%	0	0	1-	1-	1-	1-
0%	0	0	1-	1-	1-	1-

EV導入量

小
配電系統への影響度
大
未知数

凡例

0	規定の範囲内
1 +	電圧上限×
1 -	電圧下限×
1 ±	電圧上限× 電圧下限×
2	バンク潮流×
2 +	電圧上限× バンク潮流×
2 -	電圧下限× バンク潮流×
2 ±	電圧上限× 電圧下限× バンク潮流×
3	解析不可

※電圧は変圧器2次側
電圧(107V~101V)を
基準に小数点第2位を
四捨五入し判定

※1+と1-、2+と2-
については、電圧の上
限逸脱か下限逸脱か
の違いであるため、配
電系統への影響度に
差はないとして評価

急速充電器：500kW

PV導入量	EV導入量	25%	50%	75%	100%
100%	2-	2-	2-	2±	2±
75%	1-	1-	1-	1±	1±
50%	1-	1-	1-	1±	1±
25%	1-	1-	1-	1±	1±
0%	1-	1-	1-	1±	1±

EV導入量

急速充電器：1000kW

PV導入量	EV導入量	25%	50%	75%	100%
100%	2-	2-	2-	2±	2±
75%	1-	1-	1-	1±	1±
50%	1-	1-	1-	1±	1±
25%	1-	1-	1-	1±	1±
0%	1-	1-	1-	1±	1±

EV導入量

急速充電器：1500kW

PV導入量	EV導入量	25%	50%	75%	100%
100%	2-	2-	2±	2±	2±
75%	1-	1-	1±	2±	2±
50%	1-	1-	1±	2±	2±
25%	1-	1-	1±	2±	2±
0%	1-	1-	1±	2±	2±

EV導入量

急速充電器：2000kW

PV導入量	EV導入量	25%	50%	75%	100%
100%	2-	2±	2±	2±	2±
75%	1-	1±	1±	2±	2±
50%	1-	1±	1±	2±	2±
25%	1-	1±	1±	2±	2±
0%	1-	1±	1±	2±	2±

EV導入量

- ◆ PV導入量増加による影響：逆潮流によるバンク潮流超過(フィーダ潮流のみの超過はなし)
- ◆ EV導入量増加による影響：電圧逸脱が増加(注)、急速充電器1500kW以上では順調流によるバンク潮流超過が発生

(注) EV導入により配電線の電圧が低下して電圧逸脱が発生するが、系統側の制御で低下した電圧を上げようとした結果、上げ過ぎて上限を超過するケースもある。

Hバンク・重負荷の結果まとめ

基本ケースのうち、Hバンク・重負荷のケースにおいて、配電系統の潮流及び電圧への影響が顕著に表れた。この結果は、以下の通りである。

- Hバンク・重負荷の結果では、急速充電器なしではEV導入率が50%以上のケースで電圧の課題が生じ、急速充電器が500kW以上導入される場合はEV導入率が25%以上のケースで電圧の課題が生じた。
- 急速充電器の導入が1500kW以上の場合は、EV導入率100%のケースで電圧課題に加えてバンク潮流超過が生じた。

LRTタップ動作回数：Hバンク・軽負荷

急速充電器を導入した各バンク
ケースにおいて、次のパラメータ

- ・普通充電器導入量 (EV導入量)
- ・PV導入量

を変化させたときのLRTのタップ
動作回数を示す。表中の矢印は、
タップ動作回数が増える向きを指
す。

急速充電器：なし

PV導入量	100%	18	16	16	16	16
	75%	16	16	14	14	14
	50%	12	12	10	10	10
	25%	10	10	8	8	8
	0%	4	4	4	4	4
		0%	25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：500kW

PV導入量	100%	16	16	16	16
	75%	14	14	14	14
	50%	10	10	10	10
	25%	10	8	8	8
	0%	4	4	4	4
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：1000kW

PV導入量	100%	18	16	16	16
	75%	14	14	14	14
	50%	10	10	10	10
	25%	8	8	8	8
	0%	4	4	4	4
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：1500kW

PV導入量	100%	16	16	16	16
	75%	14	14	14	14
	50%	10	10	10	10
	25%	8	8	8	8
	0%	4	4	4	4
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：2000kW

PV導入量	100%	16	16	16	16
	75%	16	16	16	16
	50%	10	10	10	10
	25%	8	8	8	8
	0%	4	4	4	4
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

- ◆ PVが増えるに従い、電圧上昇を抑制するためにタップ動作回数が増える。
- ◆ 急速充電器が導入されていない時を除き、概ねタップ動作回数はEV普通充電の影響を受けない。

SVRタップ動作回数：Hバンク・軽負荷

急速充電器を導入した各バンク
ケースにおいて、次のパラメータ

- ・普通充電器導入量 (EV導入量)
- ・PV導入量

を変化させたときのSVRのタップ
動作回数を示す。

急速充電器：なし

PV導入量	100%	8	6	6	8	8
	75%	8	8	6	8	8
	50%	4	4	2	4	4
	25%	4	4	4	6	6
	0%	2	2	2	4	4
		0%	25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：500kW

PV導入量	100%	4	6	8	6
	75%	6	6	8	10
	50%	2	2	4	6
	25%	4	4	6	6
	0%	2	2	4	4
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：1000kW

PV導入量	100%	8	8	8	8
	75%	6	10	10	10
	50%	2	6	6	6
	25%	4	6	8	8
	0%	2	4	4	4
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：1500kW

PV導入量	100%	8	10	10	12
	75%	8	10	12	12
	50%	4	6	6	6
	25%	4	6	8	8
	0%	2	4	6	6
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：2000kW

PV導入量	100%	6	8	8	8
	75%	12	16	16	16
	50%	8	10	8	8
	25%	4	6	6	6
	0%	2	4	6	6
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

- ◆ どのケースにおいても、動作回数の上限(27回)を超えることはなかった。
- ◆ 急速充電器が導入されると、充電負荷による電圧低下を抑制するため、タップ動作回数が増えた。

LRTタップ動作回数：Hバンク・重負荷

急速充電器を導入した各バンク
ケースにおいて、次のパラメータ

- ・普通充電器導入量 (EV導入量)
- ・PV導入量

を変化させたときのLRTのタップ
動作回数を示す。表中の矢印は、
タップ動作回数が増える向きを指
す。

急速充電器：なし

PV導入量	100%	16	16	16	15	15
	75%	14	14	14	13	13
	50%	12	12	12	11	11
	25%	8	8	8	7	7
	0%	4	4	4	3	3
		0%	25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：500kW

PV導入量	100%	16	16	15	17
	75%	14	14	13	15
	50%	12	12	11	13
	25%	8	8	7	9
	0%	4	4	3	5
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：1000kW

PV導入量	100%	16	16	15	17
	75%	14	14	13	15
	50%	12	12	11	13
	25%	8	8	7	9
	0%	4	4	3	5
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：1500kW

PV導入量	100%	16	16	17	17
	75%	14	14	15	15
	50%	12	12	13	13
	25%	8	8	9	9
	0%	4	4	5	5
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：2000kW

PV導入量	100%	16	18	17	17
	75%	14	16	15	15
	50%	12	14	13	13
	25%	8	10	9	9
	0%	4	6	5	5
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

- ◆ PVが増えるに従い、電圧上昇を抑制するためにタップ動作回数が増える。
- ◆ 急速充電器が増えれば全体的に動作回数が増える傾向にある。ただし、普通充電器については、その増減によりタップ動作回数が増えるケースと減るケースが混在している。

SVRタップ動作回数：Hバンク・重負荷

急速充電器を導入した各バンク
ケースにおいて、次のパラメータ

- ・普通充電器導入量 (EV導入量)
- ・PV導入量

を変化させたときのSVRのタップ
動作回数を示す。

急速充電器：なし

PV導入量	100%	6	8	10	10	8
	75%	6	10	10	10	8
	50%	4	6	8	8	6
	25%	4	8	6	4	2
	0%	2	4	4	4	4
		0%	25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：500kW

PV導入量	100%	10	10	10	8
	75%	8	10	10	8
	50%	6	8	8	6
	25%	6	8	4	2
	0%	4	6	6	4
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：1000kW

PV導入量	100%	10	10	10	8
	75%	6	10	8	6
	50%	8	8	8	6
	25%	4	4	4	2
	0%	6	6	6	6
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：1500kW

PV導入量	100%	10	10	10	8
	75%	6	8	8	8
	50%	8	8	8	6
	25%	4	4	4	2
	0%	6	6	6	6
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

急速充電器：2000kW

PV導入量	100%	12	14	10	8
	75%	10	10	8	6
	50%	8	10	6	4
	25%	4	6	4	2
	0%	6	8	6	6
		25%	50%	75%	100%

EV導入量

- ◆ 急速充電器が導入されると、充電負荷による電圧低下を抑制するため、タップ動作回数が増える。
- ◆ どのケースにおいても、動作回数の上限(27回)を超えることはなかった。SVRの制御動作は適正であるため、電圧逸脱しているケースでは、配電線を増強する、制御機器の数を増やすなどの対策が考えられる。

最過酷条件の評価：D/バンク

最過酷条件として

- ・EV導入量100%
- ・PV導入量：0%もしくは100%

のケースにおいて、各時刻に急速充電器2000kWを1時間だけ一斉稼働させた場合の系統への影響を評価

凡例

0	規定の範囲内
1 +	電圧上限×
1 -	電圧下限×
1 ±	電圧上限× 電圧下限×
2	バンク潮流×
2 +	電圧上限× バンク潮流×
2 -	電圧下限× バンク潮流×
2 ±	電圧上限× 電圧下限× バンク潮流×
3	解析不可

※電圧は変圧器2次側電圧(107V～101V)を基準に小数点第2位を四捨五入し判定

※1+と1-、2+と2-については、電圧の上限逸脱か下限逸脱かの違いであるため、配電系統への影響度に差はないとして評価

小
配電系統への影響度
大
未知数

PV導入量	100%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3
		0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00

急速充電器の稼働時刻

PV導入量	100%	0	0	0	0	0	2-	2-	2	0	0	0	0
	0%	0	3	3	3	3	0	2-	2-	2	0	0	0
		12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00

急速充電器の稼働時刻

- ◆ PV導入量0%の場合、10:00～11:00及び13:00～16:00に急速充電器が稼働したケースでは計算が収束しない(解析不可)結果となった。

最過酷条件の評価：Hバンク

最過酷条件として

- ・EV導入量100%
- ・PV導入量：0%もしくは100%

のケースにおいて、各時刻に急速充電器2000kWを1時間だけ一斉稼働させた場合の系統への影響を評価

凡例

0	規定の範囲内
1 +	電圧上限×
1 -	電圧下限×
1 ±	電圧上限×
	電圧下限×
2	バンク潮流×
2 +	電圧上限×
	バンク潮流×
2 -	電圧下限×
	バンク潮流×
2 ±	電圧上限×
	電圧下限×
	バンク潮流×
3	解析不可

※電圧は変圧器2次側電圧(107V~101V)を基準に小数点第2位を四捨五入し判定

※1+と1-、2+と2-については、電圧の上限逸脱か下限逸脱かの違いであるため、配電系統への影響度に差はないとして評価

小
配電系統への影響度
大
未知数

PV導入量	100%	2—	2—	2—	2—	2—	2—	2—	2—	2—	2—	2—	2—
	0%	2—	2—	2—	2—	2—	2—	2—	2—	2—	2—	2—	2—
		0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00

急速充電器の稼働時刻

PV導入量	100%	2－	2－	2－	2－	2－	2－	2±	2±	2±	2－	2－	2－
	0%	2－	2－	2－	2－	2－	2－	2±	2±	2±	2－	2－	2－
		12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00

急速充電器の稼働時刻

- ◆ すべてのケースでバンク潮流超過及び電圧下限逸脱が発生
- ◆ 急速充電器が18:00~20:00に稼働したケースでは電圧上限逸脱が発生

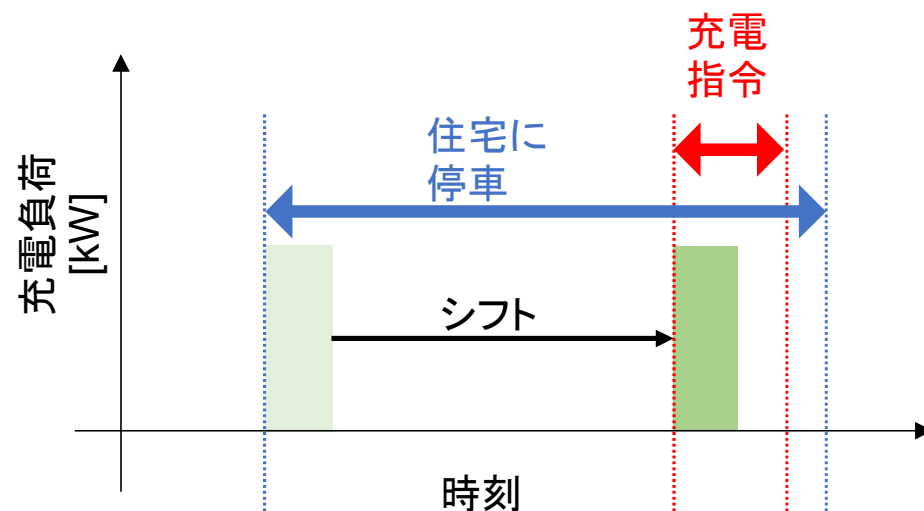
シミュレーション結果（対策ケース、普通充電）

EV普通充電に関する対策ケースとして、EV充電時間をシフトするケース、EV放電を併用するケース、について検討を進めている。
今回の打合せでは、その一部を報告する。

- 充電シフト
自宅での充電時間を深夜にシフトするケース
(帰宅直後の充電を禁止し、深夜に充電する)
- EV放電
配電系統の負荷ピーク時間帯にEVから放電するケース

対策案：充電シフト（夜・昼）

- ◆ ある一定の時間帯に、EVに対して充電指令をかける。
- ◆ 充電指令が発令された時間帯に、EVが住宅に停車していれば、その時間以外での充電を停止する。そして、充電指令の終了時間またはEVの蓄電残量が上限に至るまでの間、EVを充電する。



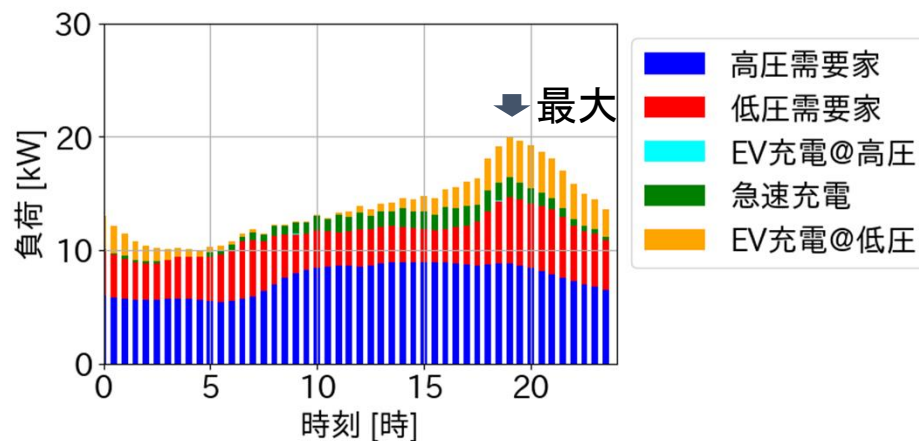
パラメータ	設定値	
	夜シフト	昼シフト
充電指令の時間帯	0時～6時 (負荷が小さい時間帯)	10時～16時 (PVが発電する時間帯)
蓄電残量の上限値	40kWh (=SOC100%)	
充電電力	3kW	

充電シフト(夜)による負荷の変化の例

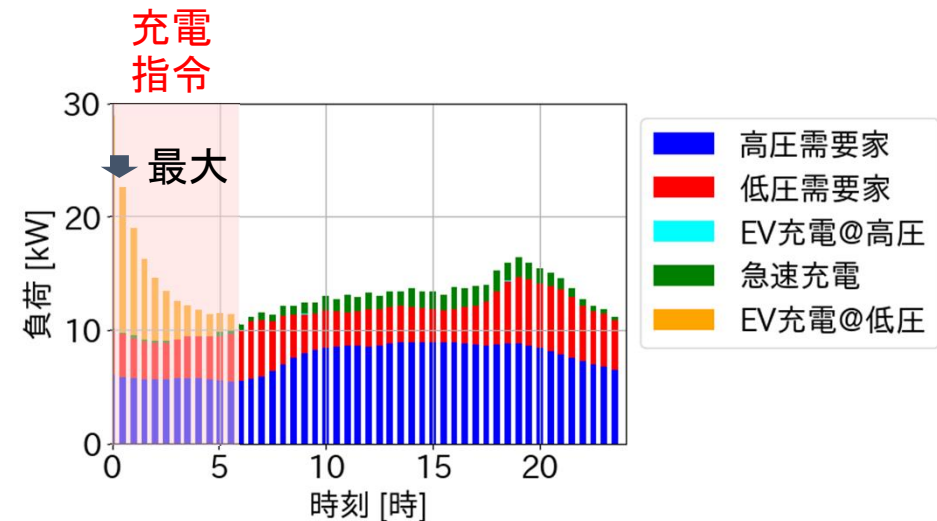
Hバンク・重負荷期
急速充電器: 2000kW

住宅におけるEV充電シフトの影響を確認するため、重負荷期・PV0%・急速充電器 2000kW・EV100%のケースに対して充電シフト前と後の比較をしたところ、夕方から夜間帯にかけての負荷が抑制されたが、一方で深夜(0時)に新たなピークが現れた。

シフト前



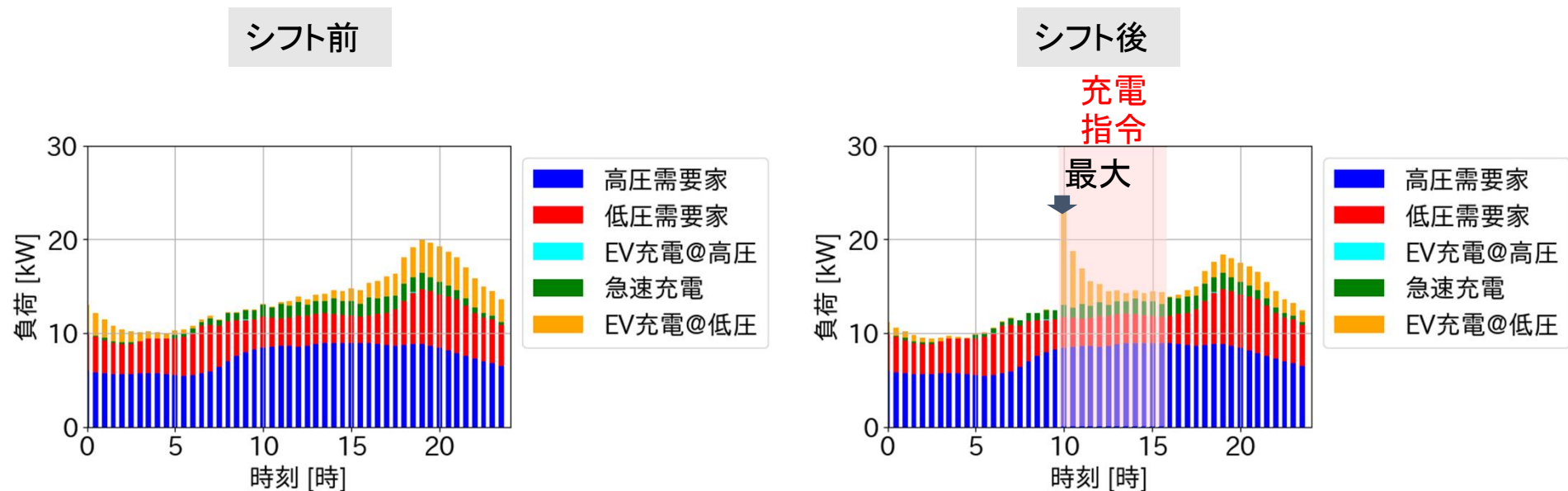
シフト後



充電シフト(昼)による負荷の変化の例

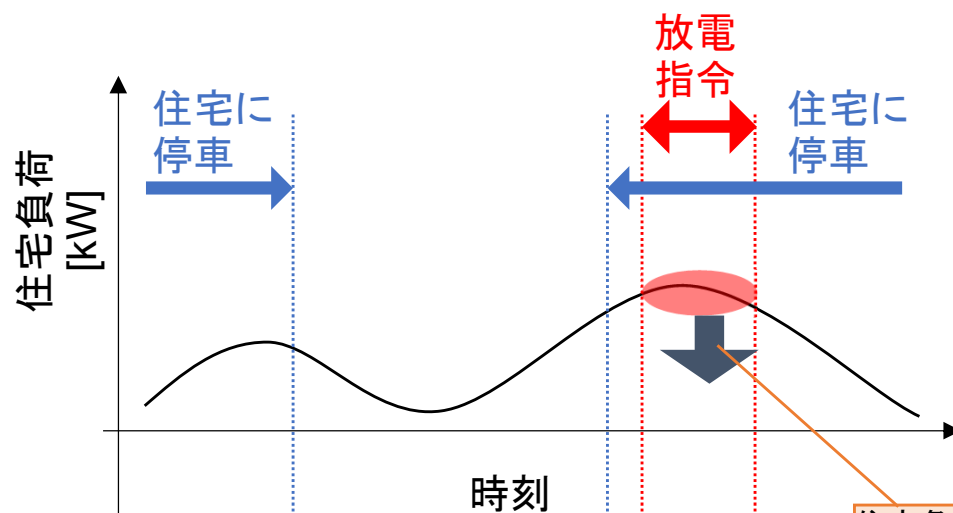
Hバンク・重負荷期
急速充電器: 2000kW

住宅におけるEV充電シフトの影響を確認するため、重負荷期・PV0%・急速充電器 2000kW・EV100%のケースに対して充電シフト前と後の比較をしたところ、夕方から夜間帯にかけての負荷が抑制された、一方で昼間(10時)に新たなピークが現れた。昼間に住宅に停車していないEVもいるため、一部の負荷は夜間に残る。



対策案：EV放電の設定

- ◆ ある一定の時間帯に、EVに対して放電指令をかける。
- ◆ 放電指令が発令された時間帯に、EVが住宅に停車していれば、放電指令の終了時間またはEVの蓄電残量が下限値に至るまでの間、住宅から逆潮流しない範囲で放電をする※。



住宅負荷<1kW → 住宅負荷の分だけ放電
住宅負荷>1kW → 1kW放電

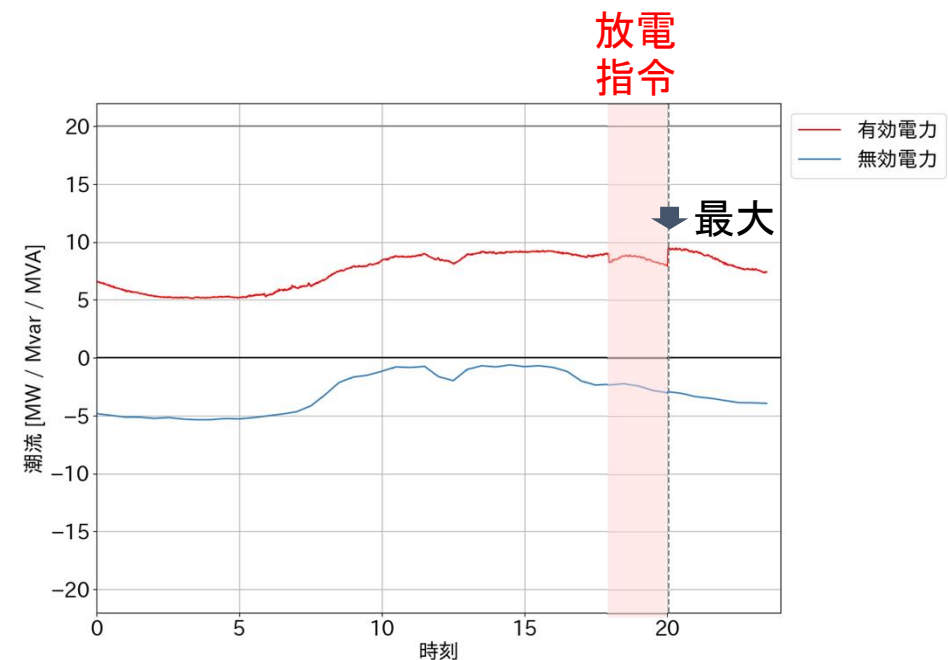
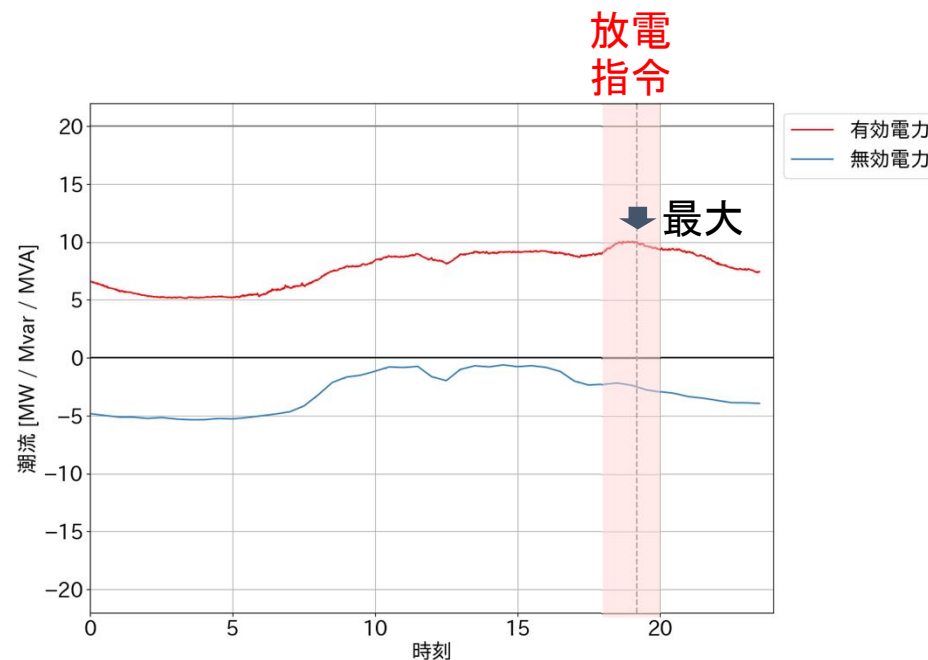
パラメータ	設定値
放電指令の時間帯	18時から20時 (負荷が大きい時間帯)
蓄電残量の下限値	0kWh
放電電力	1kWまたは 住宅負荷と同じ値

※今回の検討では、放電後の充電については評価していない。

EV放電時の結果の例

Dバンク・重負荷期
急速充電器:0kW

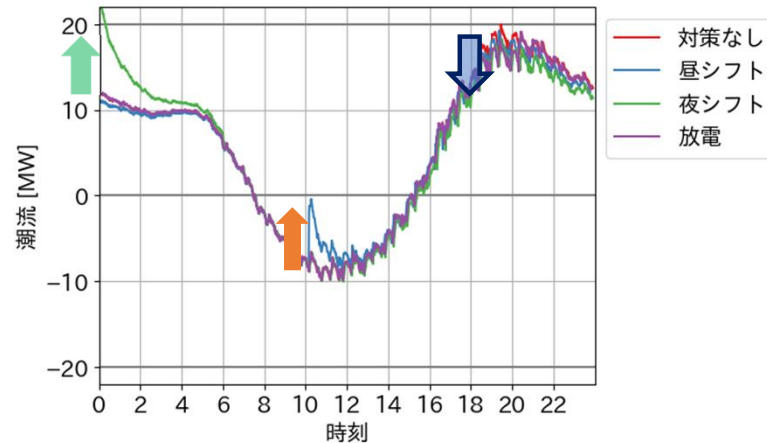
住宅におけるEV放電の影響を確認するため、重負荷期・PV0%・急速充電器0kW・EV100%のケースに対してEV放電前と後の比較をしたところ、およそ1MW～1.5MW程度の負荷の減少が見られた。



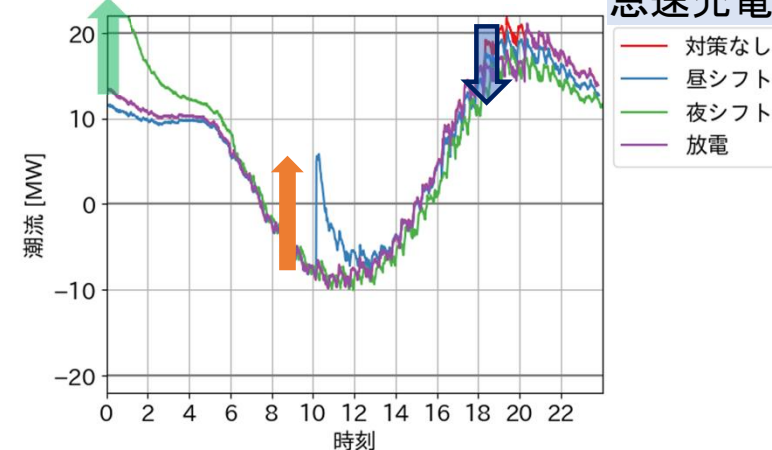
各対策ケースが潮流に及ぼす影響

Hバンク
重負荷期
急速充電器:2000kW

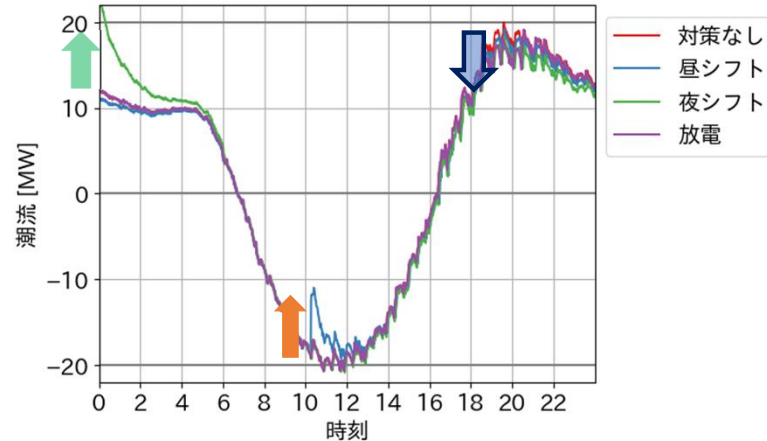
EV導入率:50%、PV導入率:50%



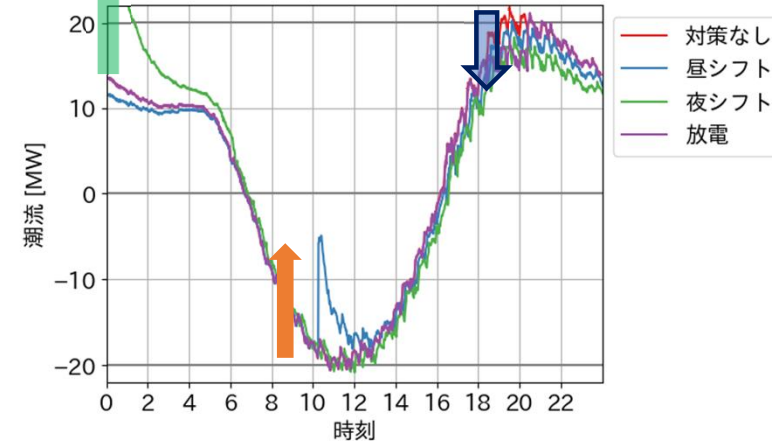
EV導入率:100%、PV導入率:50%



EV導入率:50%、PV導入率:100%



EV導入率:100%、PV導入率:100%



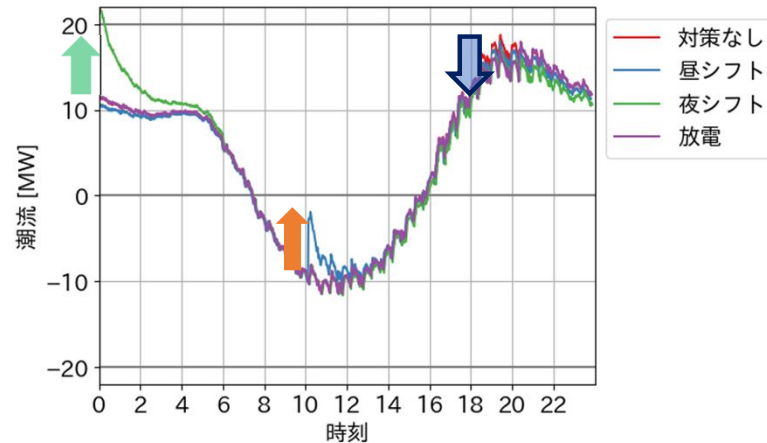
各対策ケースの影響(特に夜間負荷への影響)は、EVの導入率が増えるほど大きくなり、各ケース間で下記の傾向が見られた。

- 昼シフト→夜間の負荷ピークにあまり影響はなく、昼間の太陽光による逆潮流抑制に貢献し、抑制幅は10時がピークとなる。
- 夜シフト→昼シフトに比べて夜間の負荷抑制効果は大きいですが、一方で0時で大きくバンク容量を超える潮流が流れる。
- 放電→一時的に夜シフトと同程度にピーク負荷が抑制される。また、夜シフトと違い新たなピークが生まれることはない。

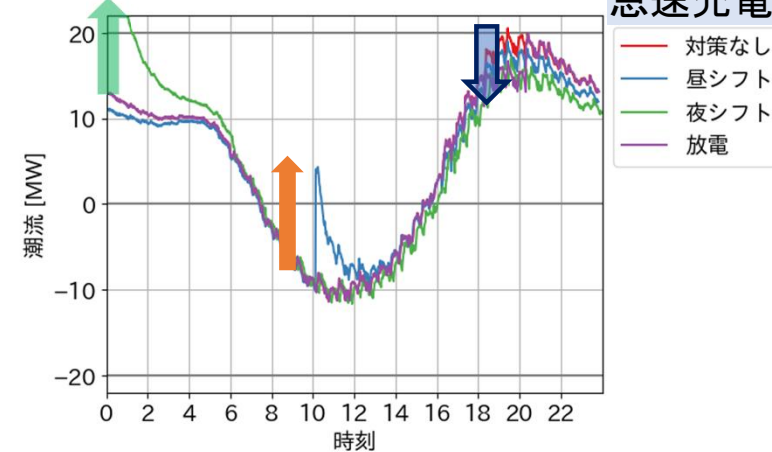
各対策ケースが潮流に及ぼす影響

Hバンク
軽負荷期
急速充電器:2000kW

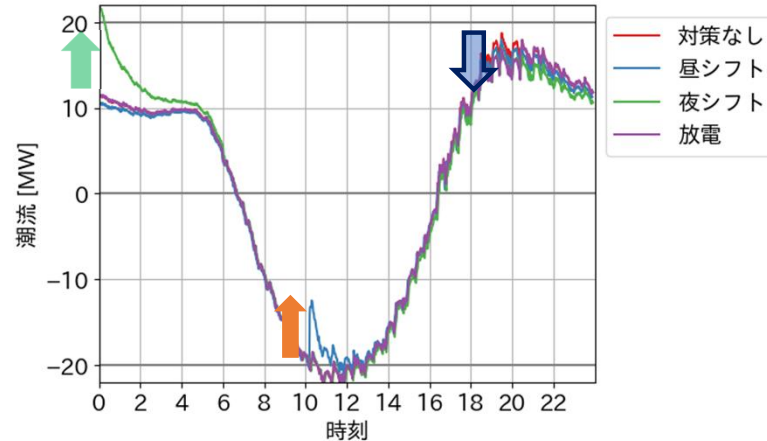
EV導入率:50%、PV導入率:50%



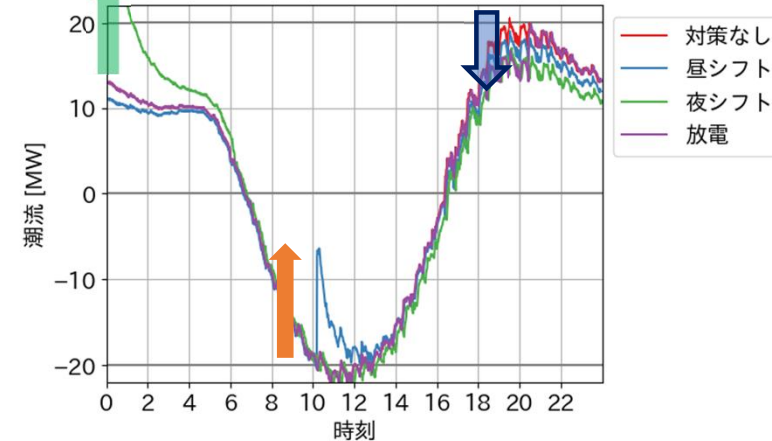
EV導入率:100%、PV導入率:50%



EV導入率:50%、PV導入率:100%



EV導入率:100%、PV導入率:100%



各対策ケースの影響(特に夜間負荷への影響)は、EVの導入率が増えるほど大きくなり、各ケース間で下記の傾向が見られた。

- 昼シフト→夜間の負荷ピークにあまり影響はなく、昼間の太陽光による逆潮流抑制に貢献し、抑制幅は10時がピークとなる。
- 夜シフト→昼シフトに比べて夜間の負荷抑制効果は大きいですが、一方で0時で大きくバンク容量を超える潮流が流れる。
- 放電→一時的に夜シフトと同程度にピーク負荷が抑制される。また、夜シフトと違い新たなピークが生まれることはない。

各対策手法による効果

Hバンク・軽負荷期
急速充電器: 2000kW

潮流
最大値

	PV0%		PV50%		PV100%	
	EV50%	EV100%	EV50%	EV100%	EV50%	EV100%
昼シフト	○→○	○→×※	○→○	○→○	×→×	×→×
夜シフト	○→×※	○→×※	○→×※	○→×※	×→×	×→×
放電	○→○	○→○	○→○	○→○	×→×	×→×

逸脱 → 許容

逸脱 → 逸脱

許容 → 許容

許容 → 逸脱

電圧
最大値

	PV0%		PV50%		PV100%	
	EV50%	EV100%	EV50%	EV100%	EV50%	EV100%
昼シフト	○→○	○→○	○→○	○→○	○→○	○→○
夜シフト	○→○	○→○	○→○	○→○	○→○	○→○
放電	○→○	○→○	○→○	○→○	○→○	○→○

電圧
最小値

	PV0%		PV50%		PV100%	
	EV50%	EV100%	EV50%	EV100%	EV50%	EV100%
昼シフト	○→○	×→×	○→○	×→○	○→○	×→○
夜シフト	○→×※	×→×	○→○	×→×	○→○	×→×
放電	○→○	×→×	○→○	×→×	○→○	×→×

※すべてのEVを同一時刻にシフトした特定の条件での検討結果であることに、留意が必要

各対策手法による状態(許容値逸脱の有無)について、その変化を色で表した。PV導入率が高い時(50%、100%)には充電昼シフトにより夜間・昼間双方の潮流が抑制され、電圧が許容値に収まった。一方で、PV導入率が低い時(0%)には充電昼シフトにより潮流が許容値を逸脱するケースが見られた。充電夜シフトでは深夜の充電負荷が増加し、潮流や電圧が許容値を逸脱するケースが見られた。

各対策手法による効果

Hバンク・重負荷期
急速充電器: 2000kW

潮流
最大値

	PV0%		PV50%		PV100%	
	EV50%	EV100%	EV50%	EV100%	EV50%	EV100%
昼シフト	○→○	×→×	○→○	×→○	×→×	×→×
夜シフト	○→×※	×→×	○→×※	○→×※	×→×	×→×
放電	○→○	×→○	○→○	×→○	×→×	×→×

逸脱 → 許容

逸脱 → 逸脱

許容 → 許容

許容 → 逸脱

電圧
最大値

	PV0%		PV50%		PV100%	
	EV50%	EV100%	EV50%	EV100%	EV50%	EV100%
昼シフト	×→×	×→×	×→○	×→×	×→○	×→×
夜シフト	×→○	×→○	×→○	×→○	×→○	×→○
放電	×→○	×→×	×→○	×→×	×→○	×→×

電圧
最小値

	PV0%		PV50%		PV100%	
	EV50%	EV100%	EV50%	EV100%	EV50%	EV100%
昼シフト	×→×	×→×	×→×	×→×	×→×	×→×
夜シフト	×→×	×→×	×→×	×→×	×→×	×→×
放電	×→×	×→×	×→×	×→×	×→×	×→×

※すべてのEVを同一時刻にシフトした特定の条件での検討結果であることに、留意が必要

各対策手法による状態（許容値逸脱の有無）について、その変化を色で表した。放電や充電昼シフトにより潮流が許容値に収まった。電圧については、対策手法によって、上限値を逸脱していた電圧が許容値にまで抑制された。一方で、PV導入率が低い時（0%、50%）に、充電夜シフトによって、潮流が許容値を逸脱するケースが見られた。

対策ケース（普通充電）のまとめ

普通充電の対策手法についてHバンクで評価した結果から、配電系統の潮流と電圧に対して以下の影響が確認された。

- EV充電を昼にシフトするケースでは、軽負荷期の電圧最小値、重負荷期の潮流最大値、重負荷期の電圧最大値がそれぞれ改善される場合があった。一方で、PV0%のケースでは軽負荷期の潮流最大値が増加して容量を逸脱する場合があったため、PVの発電量を考慮した一年を通しての評価が別途必要である。
- EV充電を夜にシフトするケースでは、重負荷期の電圧最大値が改善された。一方で、充電シフトにより潮流最大値が増加して容量を逸脱する結果となった。また、軽負荷期の電圧最小値が下限を逸脱する場合があった。これは充電シフト後に新たなピークが発生するためであるため、シフト後の充電時間を分散させる工夫が必要である。
- EVからピーク時間帯に放電するケースでは、重負荷期の潮流最大値と電圧最大値が改善される場合があった。

シミュレーション結果（対策ケース、急速充電）

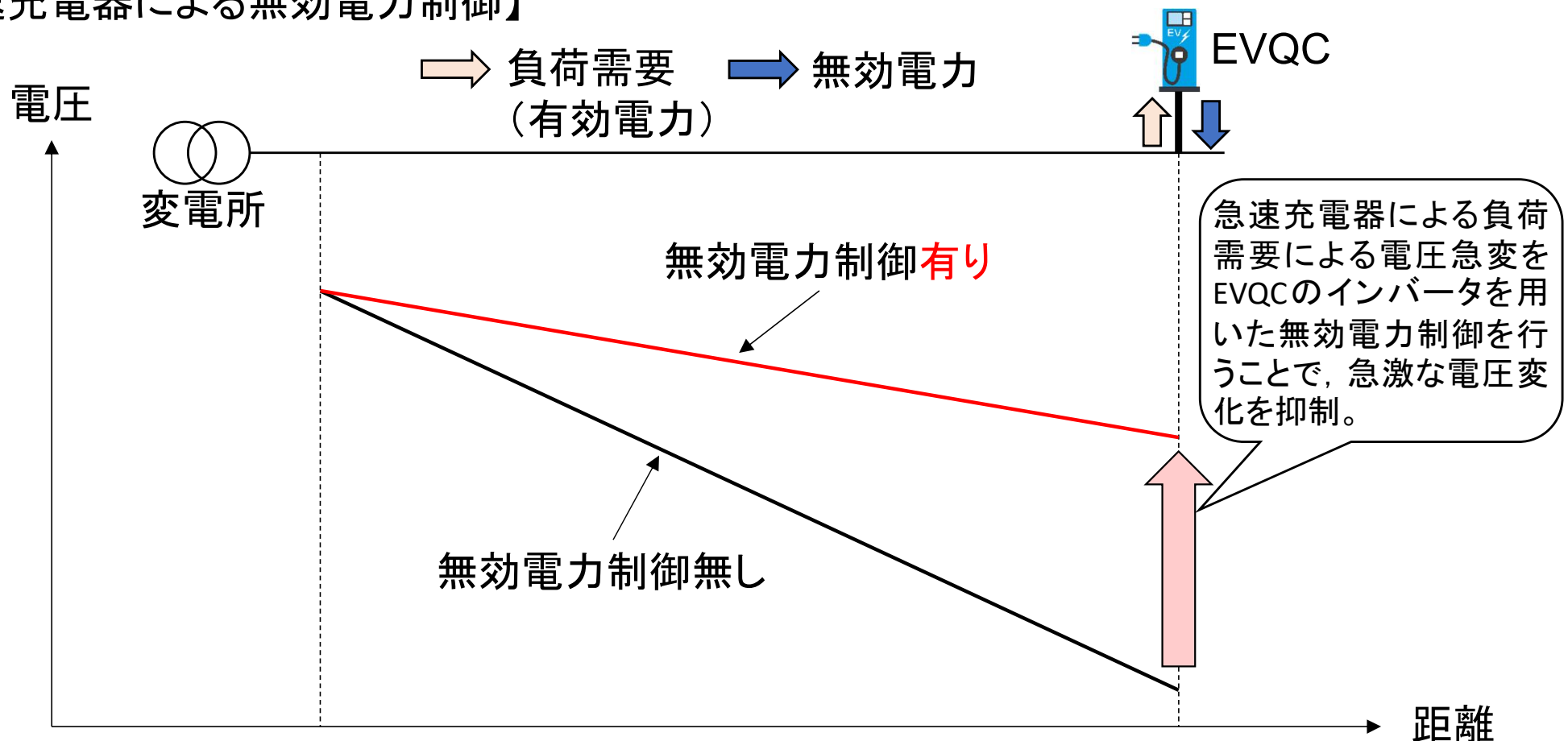
EV急速充電に関する対策ケースとして、EV急速充電器に蓄電池を併設するケース、EV急速充電器に無効電力制御機能を備えるケースについて検討した。

- EVQCへの蓄電池併設
EV急速充電器に蓄電池を併設し、充電時の消費電力(kW)を抑制するケース
- EVQCの無効電力制御
EV急速充電器で無効電力制御(力率一定制御)を行うケース

急速充電器による電圧補償対策の検討

急速充電器(EVQC)による急激な負荷需要の増加による電圧急変が懸念される。そこで、電圧急変への対策としてEVQCから無効電力(系統から見て進み)を制御することで、負荷需要の増加による電圧降下を補償し、急激な電圧変動を抑制可能かを検証する。

【急速充電器による無効電力制御】



電圧補償対策の効果検証(追加ケース)

下表に示す検証条件にてEVQCの無効電力制御の効果検証を行う。

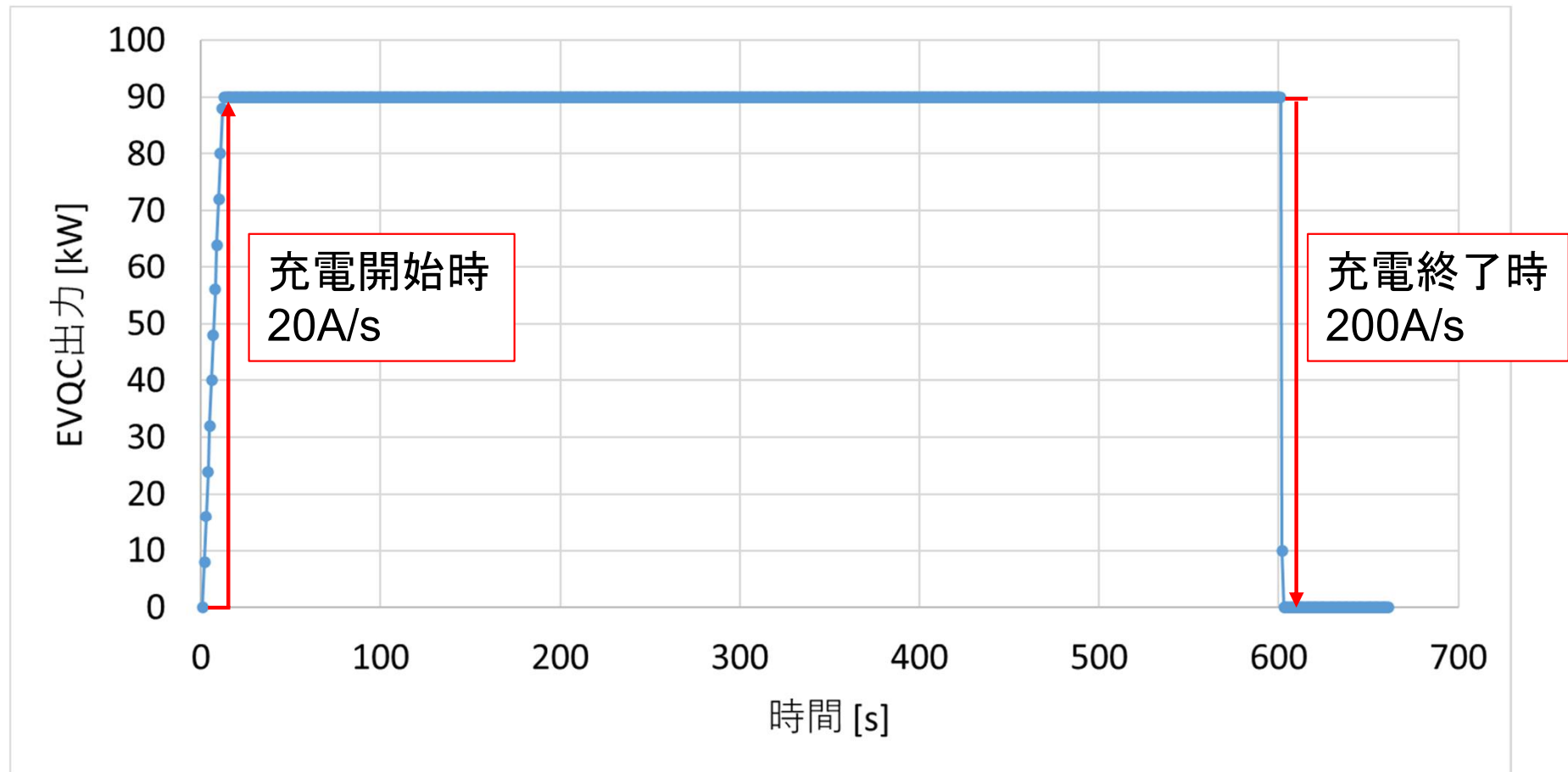
【検証条件】

項目	整定値
EVQC容量 [kVA/台]	90
EVQC合計容量 [kVA/フィーダ]	2000
EVQC運用条件	全体一斉充電
EVQC充電開始時間 [時]	12, 18
EVQC充電時間 [分]	30
EVQC出力 [%]	100(フル出力)～10 (10%刻み)
EVQCの設定力率 [%]	100, 95, 90, 85※
シミュレーション刻み [s]	1
PV導入率 [%]	100
EV導入率 [%]	100
シミュレーション時間	・12～13時 (PV最大出力時間) ・18～19時 (最大負荷需要)

※オプションケースとして、進み力率を下げた場合による影響を評価するために実施。

急速充電器の充電プロフィール

急速充電器の充電動作が系統へ与える影響を検証するために、充電開始時と終了時の変化速度^(注1)を考慮した1秒ごとの急速充電器の充電プロフィール^(注2)を作成し、検証を行う。



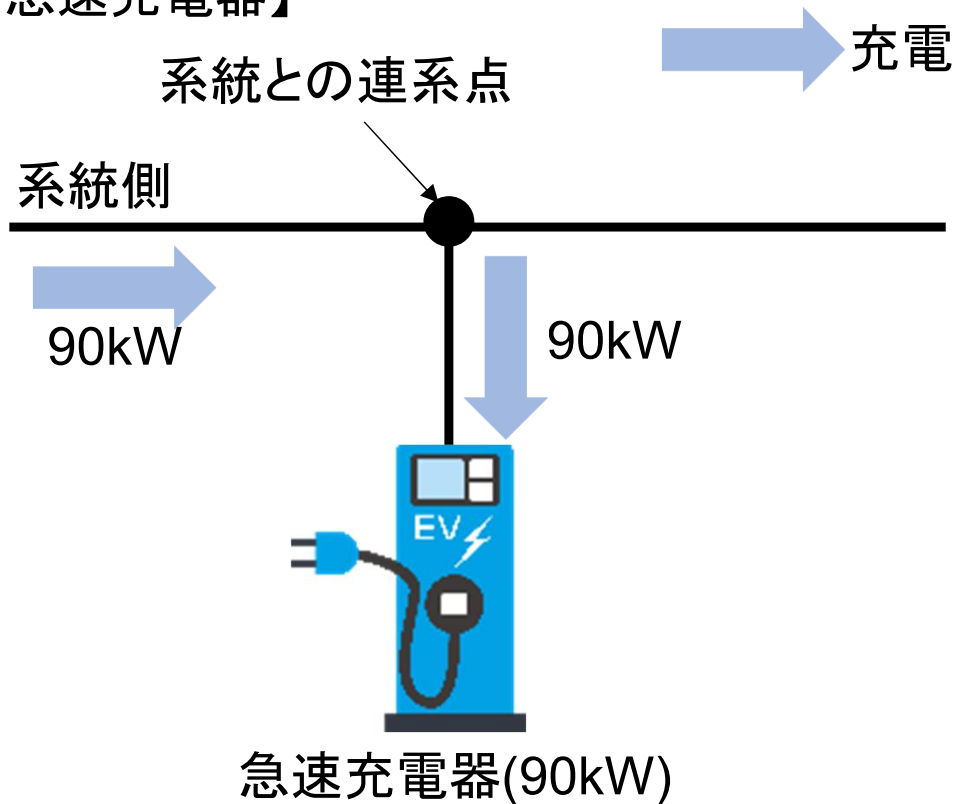
(注1) 参考文献: 馬渡「電気自動車用の急速充電器の特性と今後の動向」, 日本マリンエンジニアリング学会誌 第47巻 第1号(2012)

(注2) 本プロフィールは、充電開始から10分後に充電を終了したケース

(参考)蓄電池併設の急速充電器模擬

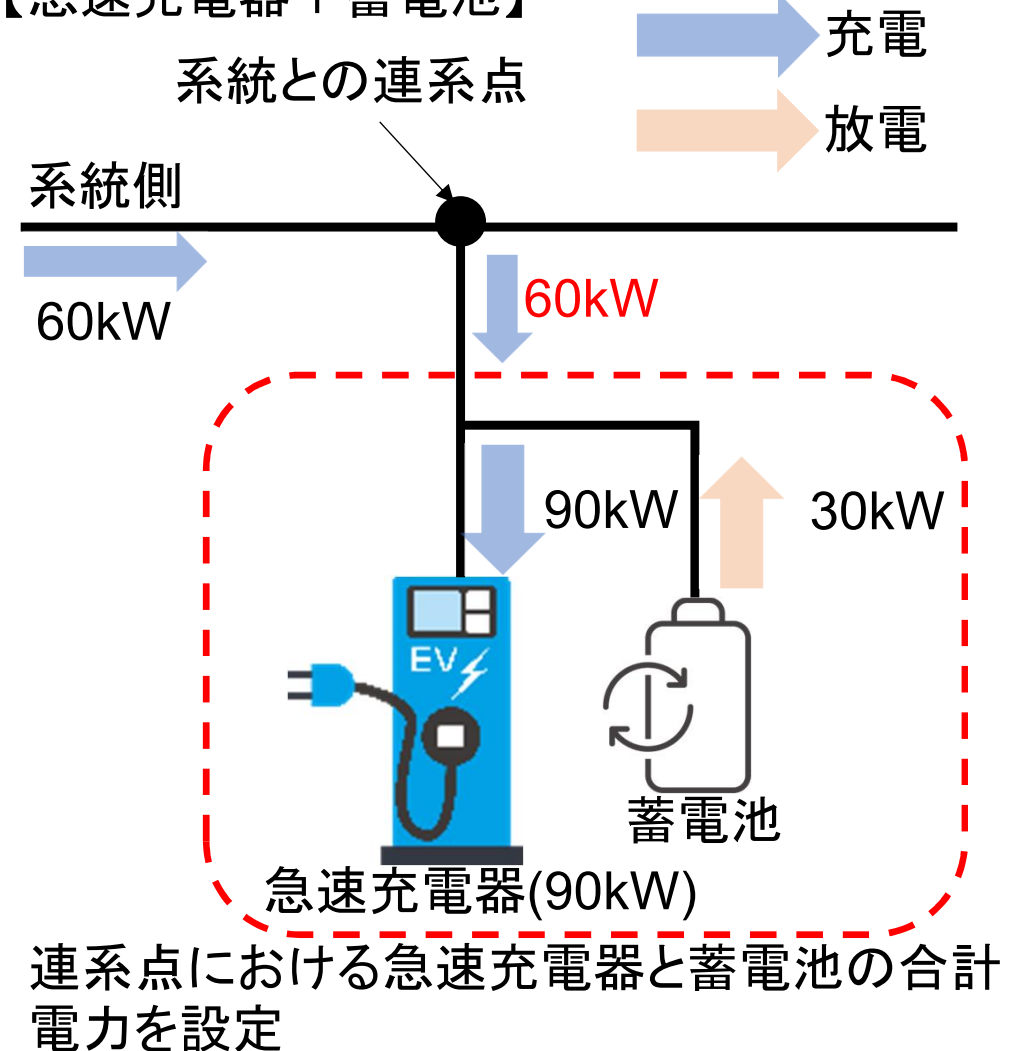
蓄電池併設された急速充電器の充電プロフィールを模擬するために、急速充電器の充電量の最大値を一定割合で減少させたプロフィールを作成し、検証を行う。

【急速充電器】



※急速充電器と蓄電池の充電量と放電量に関しては、一例を表示。

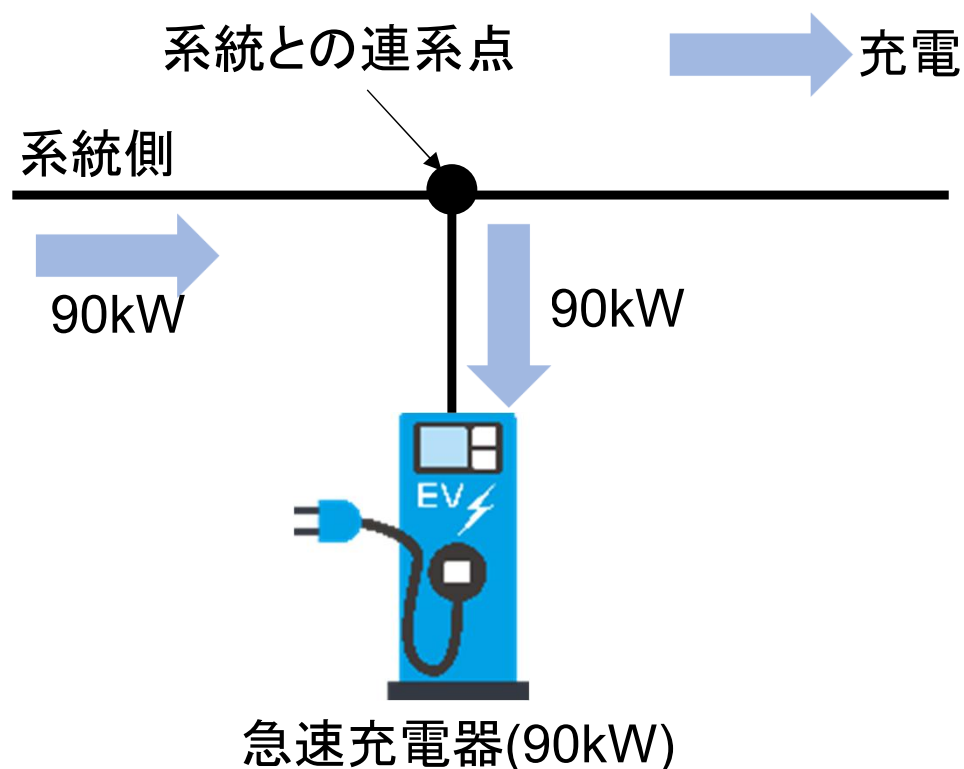
【急速充電器＋蓄電池】



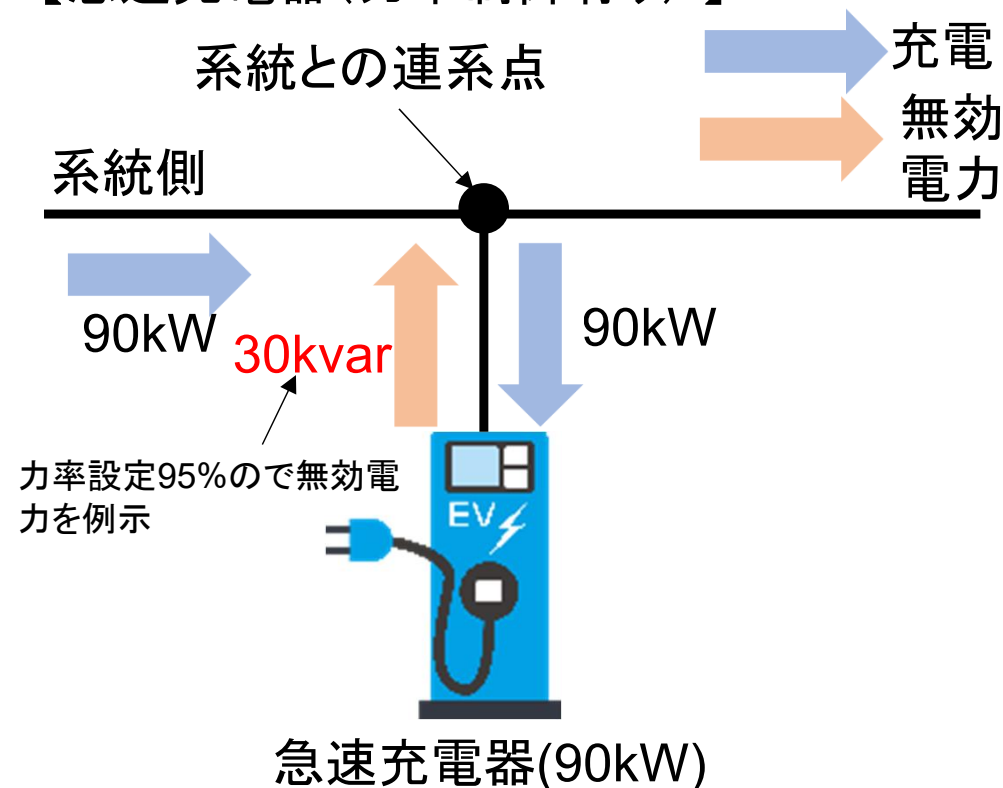
(参考) 急速充電器の力率制御

急速充電器の動作による急峻な電圧変動を抑制するために急速充電器の充電に応じて、力率制御を行う。

【急速充電器(力率制御無し)】



【急速充電器(力率制御有り)】



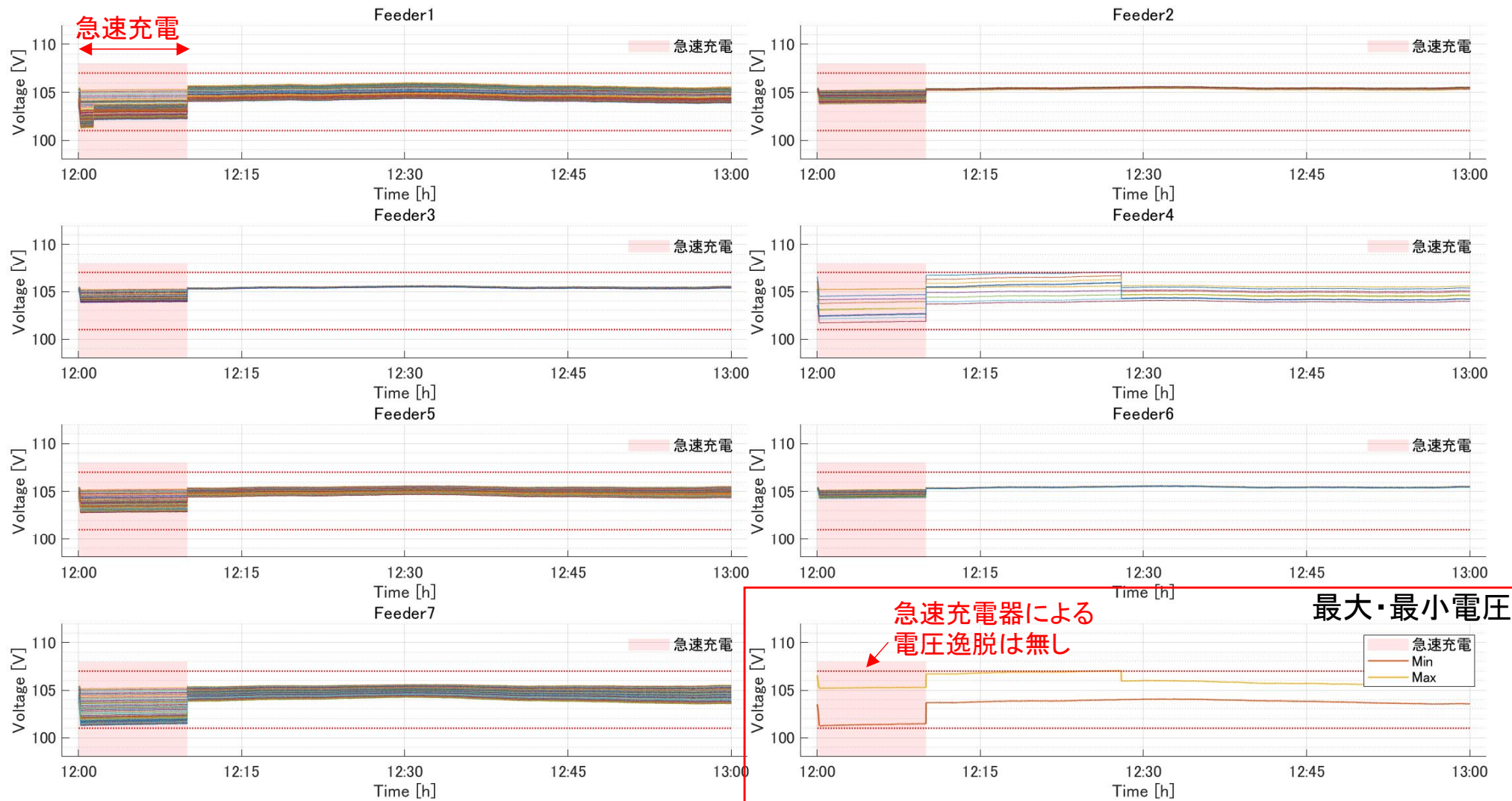
力率設定95%ので無効電力を例示

急速充電器(または急速充電器+蓄電池)の負荷需要に対しての一定の力率にて進みの無効電力を出力。

※急速充電器の充電量と力率制御による無効電力に関しては、一例を表示。

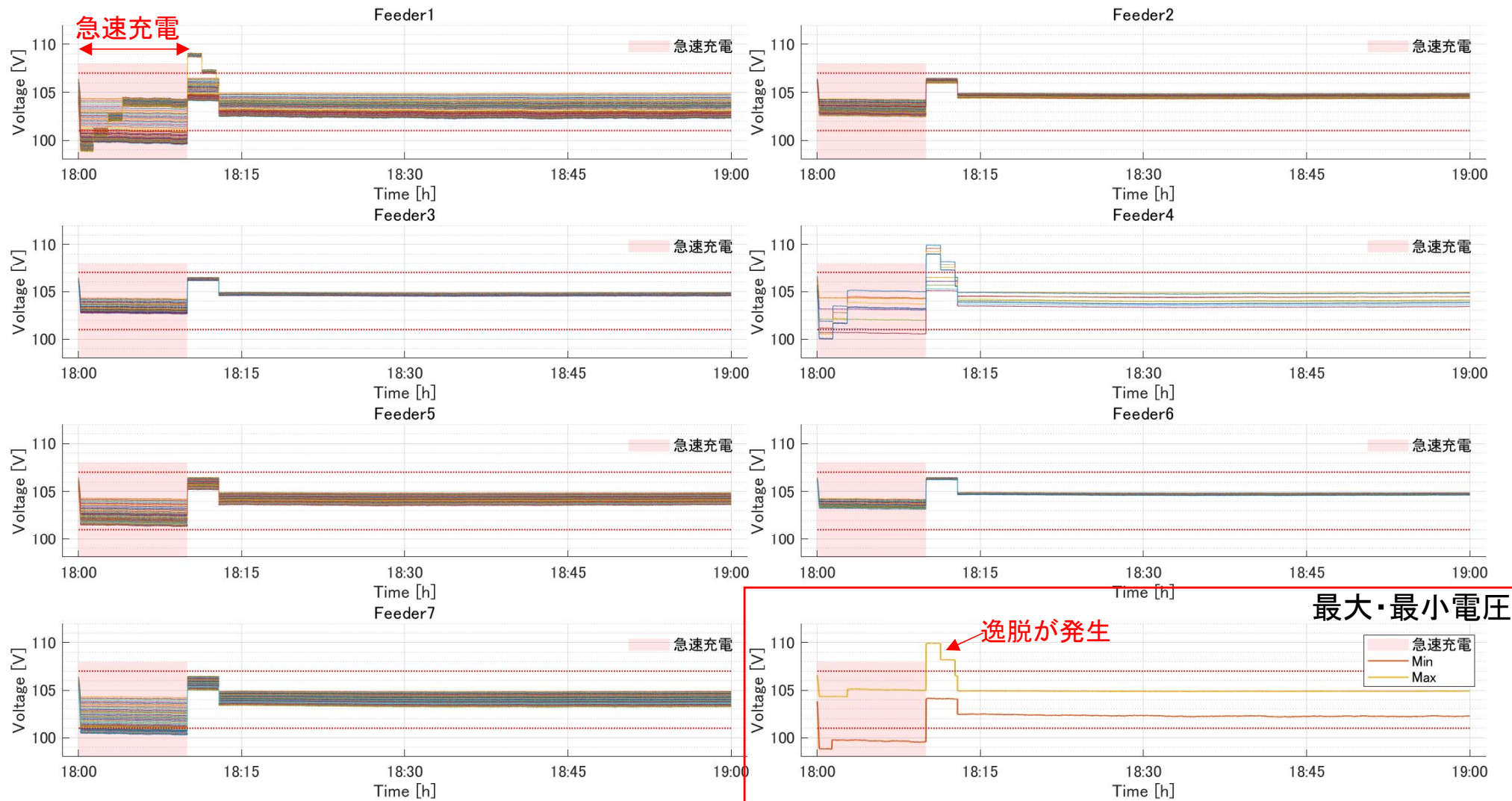
無効電力制御無し(Dバンク, 12~13時)

無効電力制御による電圧補償機能(系統対策)を無しとしたケースにおける電圧プロファイルを示す。



無効電力制御無し(Dバンク, 18~19時)

無効電力制御による電圧補償機能(系統対策)を無しとしたケースにおける電圧プロファイルを示す。



18～19時の急速充電での逸脱原因

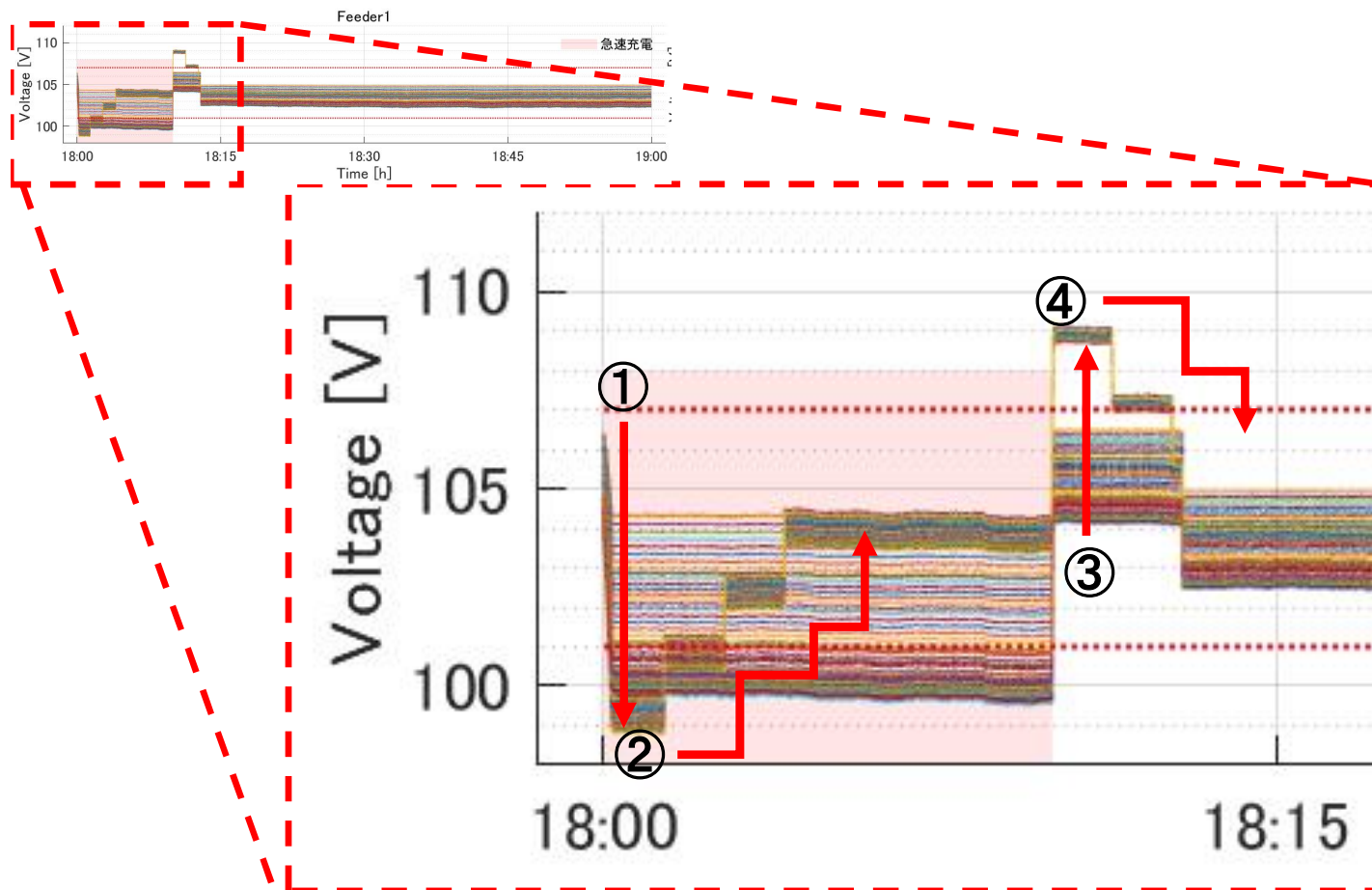
逸脱が発生するフィーダを対象に逸脱が発生する原因を分析する。

【逸脱発生フィーダ(F1)】

逸脱が発生するフィーダはフィーダ1, 4となり, SVRが設置されたフィーダで逸脱が発生している。

【各イベントの概要】

- ① 急速充電器の一斉充電により負荷需要が急激に増加し, 急峻な電圧降下が発生。
- ② 電圧降下をSVRが設定された動作時限ごとに電圧を補償。
- ③ 急速充電器の充電終了に伴い, 負荷需要が急激に減少し, 急峻に電圧が上昇。
- ④ 上昇した電圧を制御するためにSVRが電圧を補償。



急速充電器の急激な需要変動に電圧制御機器が対応が困難となるため, 逸脱が発生。

電圧補償対策の効果検討まとめ(Dバンク)

【12時～13時における対策効果】 PV導入率100%, EV導入率100%

		EVQC出力 [%] (蓄電池併設による充電電力抑制を模擬)									
		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
力率 [%]	100	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	95	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	90	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	85	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

【18時～19時における対策効果】 PV導入率100%, EV導入率100%

		EVQC出力 [%] (蓄電池併設による充電電力抑制を模擬)									
		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
力率 [%]	100	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
	95	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○
	90	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○
	85	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○

○ 電圧適正範囲内、× 電圧逸脱あり(1秒ごとに評価した結果)

電圧補償対策の系統への影響(Dバンク)

電圧補償対策による系統への影響を評価するために電圧制御機器の動作回数を比較する。

【12時～13時における電圧制御機器の動作回数】PV導入率100%, EV導入率100%

		EVQC出力 [%] (蓄電池併設による充電電力抑制を模擬)									
		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
力率 [%]	100	2	2	2	2	8	8	6	2	1	1
	95	2	2	6	6	6	6	4	1	1	1
	90	6	6	4	4	4	4	4	1	1	1
	85	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1

【18時～19時における電圧制御機器の動作回数】PV導入率100%, EV導入率100%

		EVQC出力 [%] (蓄電池併設による充電電力抑制を模擬)									
		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
力率 [%]	100	10	10	6	6	6	2	2	2	2	2
	95	8	6	6	4	2	2	2	2	3	2
	90	6	6	4	2	2	2	2	3	3	2
	85	6	4	2	2	2	4	3	3	2	2

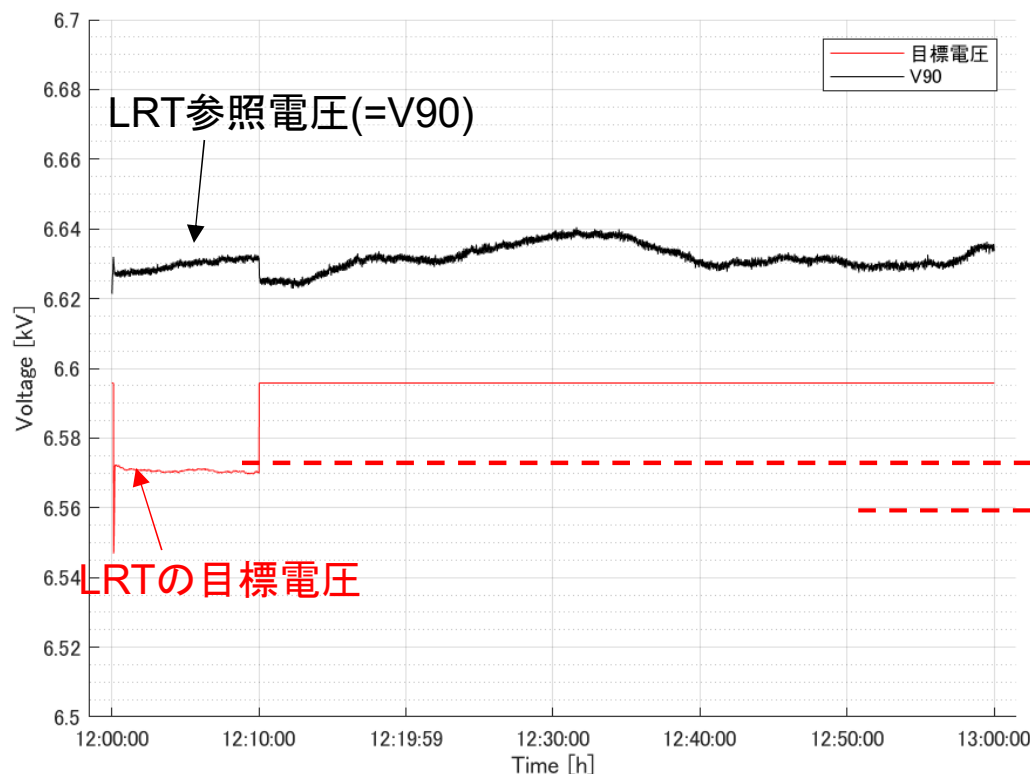
(参考) 急速充電器の出力に応じたタップ動作

		EVQC出力 [%]									
		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
力率 [%]	100	2	2	2	2	8	8	6	2	1	1
	95	2	2	6	6	6	6	4	1	1	1
	90	6	6	4	4	4	4	4	1	1	1
	85	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1

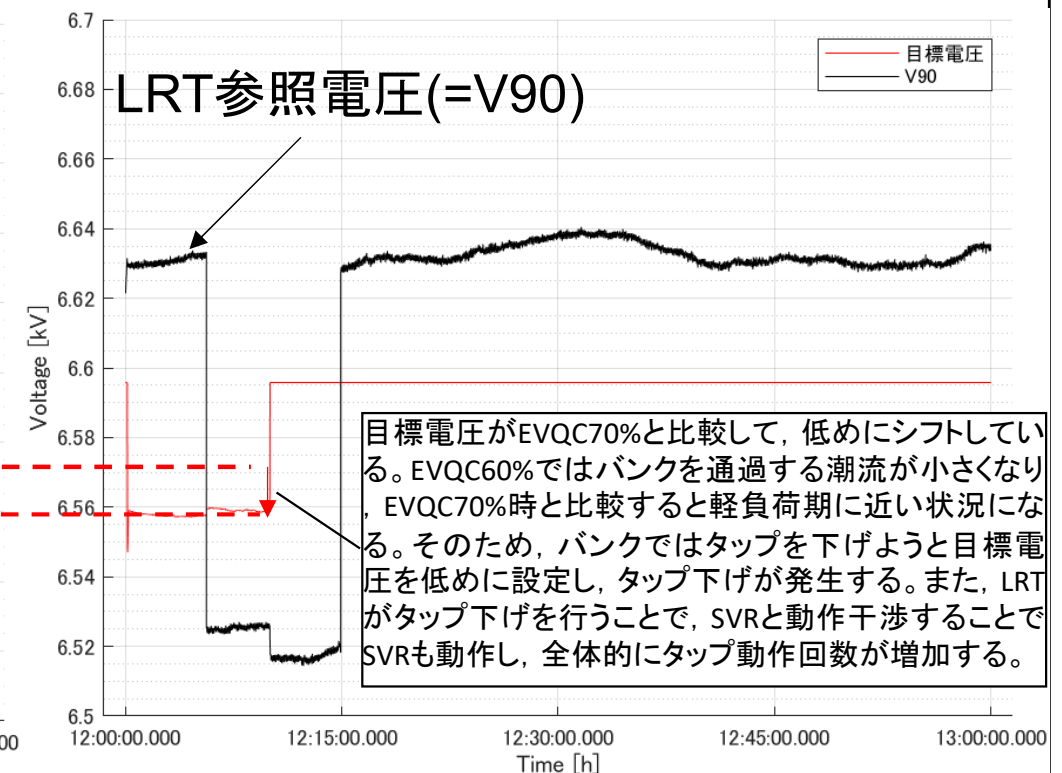
急速充電器の出力が減少することでタップ動作回数が増加する理由を下記のケースを例に挙げ、説明する。

- ・EVQC出力: 70%, 60%

【EVQC出力70%におけるLRTの動作情報】



【EVQC出力: 60%におけるLRTの動作情報】



電圧補償対策の効果検討まとめ(Hバンク)

【12時～13時における対策効果】 PV導入率0%, EV導入率25%

		EVQC出力 [%] (蓄電池併設による充電電力抑制を模擬)									
		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
力率 [%]	100	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○
	95	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○
	90	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○
	85	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○

【18時～19時における対策効果】 PV導入率0%, EV導入率25%

		EVQC出力 [%] (蓄電池併設による充電電力抑制を模擬)									
		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
力率 [%]	100	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○
	95	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○
	90	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○
	85	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○

○ 電圧適正範囲内、× 電圧逸脱あり(1秒ごとに評価した結果)

電圧補償対策の系統への影響（Hバンク）

電圧補償対策による系統への影響を評価するために電圧制御機器の動作回数を比較する。

【12時～13時における電圧制御機器の動作回数】 PV導入率0%, EV導入率25%

		EVQC出力 [%] （蓄電池併設による充電電力抑制を模擬）									
		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
力率 [%]	100	7	3	3	3	3	3	1	1	1	1
	95	3	3	5	3	1	1	1	1	1	1
	90	3	5	3	1	1	1	1	1	1	1
	85	5	3	1	1	1	1	1	1	1	1

【18時～19時における電圧制御機器の動作回数】 PV導入率0%, EV導入率25%

		EVQC出力 [%] （蓄電池併設による充電電力抑制を模擬）									
		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
力率 [%]	100	6	6	4	3	3	3	3	0	0	0
	95	4	3	3	4	3	3	0	0	0	0
	90	4	3	4	3	3	0	0	0	0	0
	85	3	4	5	3	0	0	0	0	0	0

1. はじめに
2. 解析モデルの作成
3. シミュレーションによる評価
4. まとめ

まとめ

EV充電による配電系統への影響について、2地域の配電系統モデルを用いたシミュレーションによる評価・分析を行い、以下の示唆を得た。

配電系統の潮流への影響※

- EV及びPVの導入割合が増えると配電系統の潮流が増加し、配電用変電所の変圧器容量や配電線容量を超過する場合があるものの、大規模な設備増強が必要となる配電用変電所の変圧器容量の超過は、次のケースに限られた。
 - [PVの影響] HバンクにおいてPVが75%以上導入されると軽負荷期で容量超過が発生し、PVが100%導入されると重負荷期でも容量超過が発生する。
 - [EVの影響] Hバンクにおいてフィーダー毎に急速充電器が1500kW以上かつEVが100%導入されると重負荷期に配電用変圧器容量の超過が発生する。
 - 同一バンク内の多数台の急速充電が一斉に稼働する等、過度に充電のタイミングが集中する場合には問題が起こりえる。

※ 今回の結果はHバンクが空き容量の少ない変圧器であったことも影響。空き容量分布等を踏まえたマクロ的評価が重要。

配電線の電圧への影響

- 急速充電器及びEV導入が増えると、配電線の電圧が低下して適正範囲の下限を逸脱する場合があるものの、配電線の設備増強は恒常的に発生している事象であり、直ちに配電線への影響が大きいものではないが、こうした設備増強が全国各地で発生した場合には一定程度の影響となりうることから、全国規模のより詳細な影響評価が必要となる。
- 多数台の急速充電のタイミングが重なると、充電開始時に電圧低下、充電停止時に電圧上昇が起こりえる。

まとめ(続き)

EV充電による配電系統への影響への対策について検討し、以下の示唆を得た。

普通充電による順潮流ピークへの対策

普通充電の充電時間シフト

- EV普通充電の充電時間シフトは、順潮流のピーク抑制および電圧変動抑制(常時)に有効であるが、シフト後に需要が集中すると新たな需要ピークが発生する可能性があるため、シフト後の充電タイミングをずらすなど工夫が必要である。
- EV普通充電の昼間への充電時間シフトは、PV導入時には有効な対策となり得る場合も存在する。一方で、今回の検討においては充電シフト後に全てのEVを同時刻に充電するような条件となっていることもあり、PV0%導入時にはむしろ潮流の超過や電圧の逸脱が発生させる場合も存在するなど、PVの稼働状況によって対策が逆効果となる可能性もあるため、PVの発電量を考慮した一年を通しての評価が別途必要である。

EVからの放電

- 順潮流のピーク時間帯におけるEV放電は、順潮流のピーク抑制に有効である。

急速充電による順潮流ピークへの対策

急速充電器への蓄電池併設

- 急速充電器に蓄電池を併設して充電電力を抑制すると、順潮流のピーク抑制および電圧変動抑制(短時間・常時)に有効である。

急速充電器の無効電力制御

- 急速充電の無効電力制御を行うと、急速充電器による電圧変動抑制(短時間・常時)に有効である。