

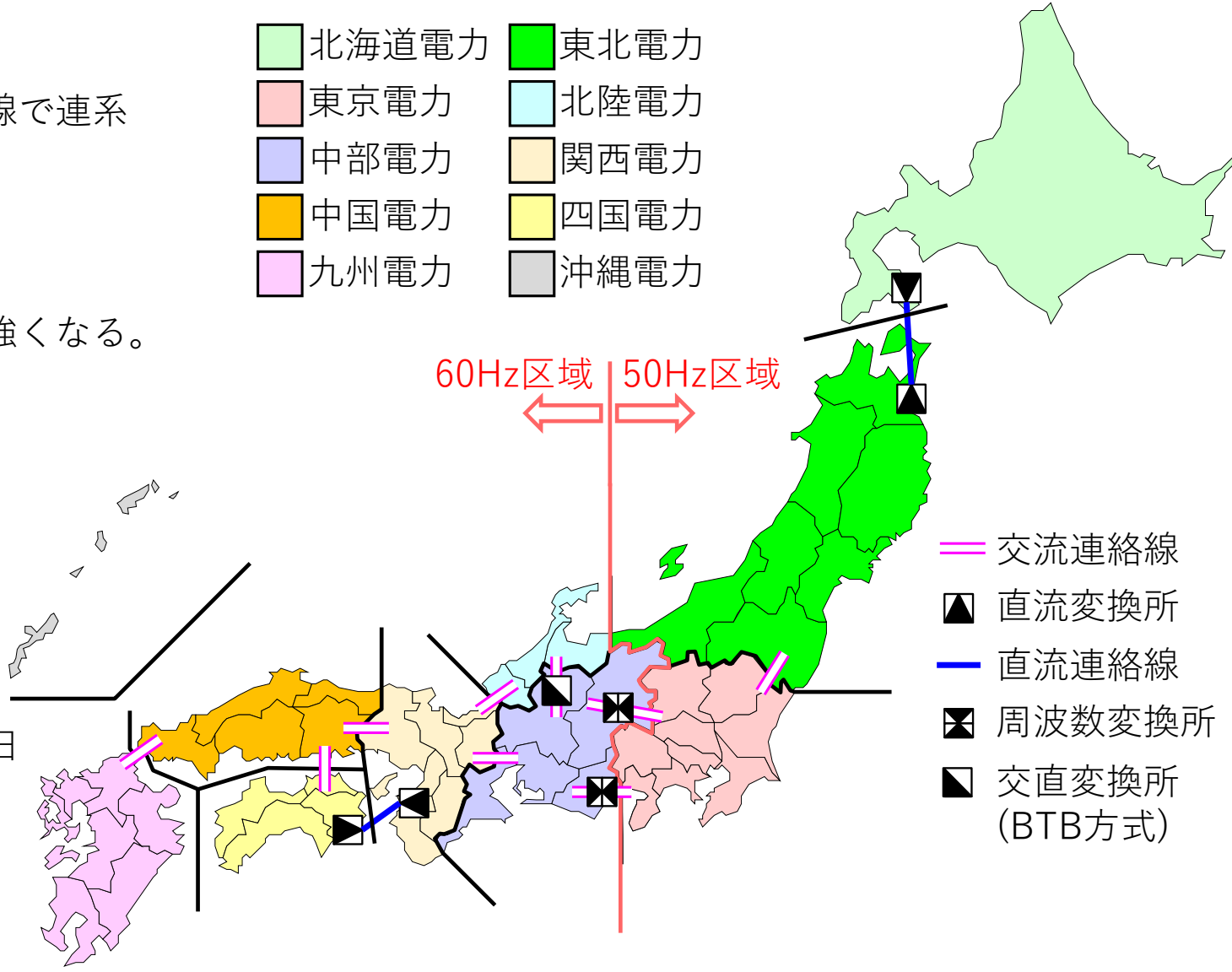
# 発送配変電（3） 《広域連系》

全国に10の供給地域があり、連絡線で連系

## 広域連系の目的

- ・ 系統信頼度の向上  
※系統容量が大きくなり、動揺に強くなる。
- ・ 電力供給の融通(広域融通)  
※不足時に他地域から応援
- ・ 電力設備の経済運用  
※電源開発、予備力の軽減、合理的な発電組合せ
- ・ 連系線を利用して事故時の迅速復旧  
※但し、事故発生直後の波及がないよう、健全地域は速やかに系統分離を行う。

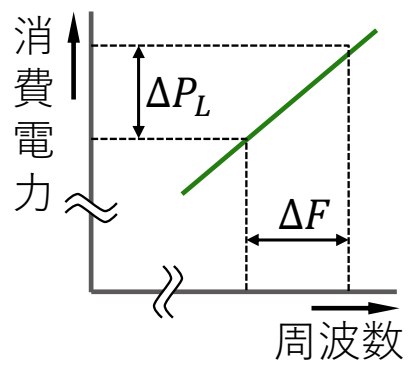
北海道電力	東北電力
東京電力	北陸電力
中部電力	関西電力
中国電力	四国電力
九州電力	沖縄電力



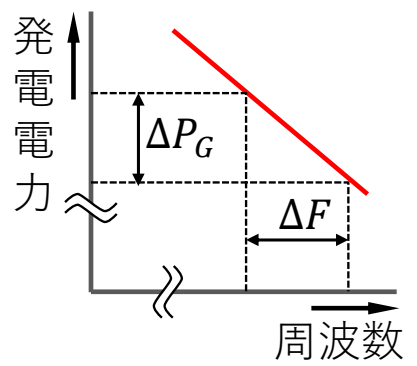
発送配変電 (3)

《系統周波数特性定数 1》

負荷の周波数特性



発電機の周波数特性



負荷周波数特性定数[MW/0.1Hz] :  $K_L = \frac{\Delta P_L}{\Delta F}$

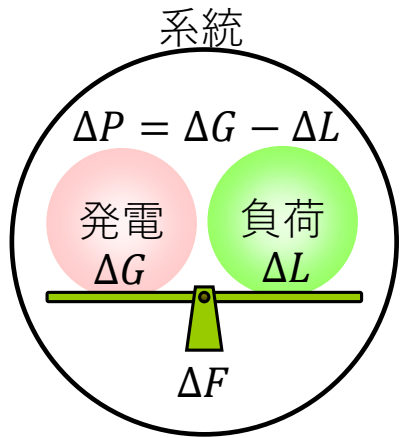
発電機周波数特性定数[MW/0.1Hz] :  $K_G = \frac{\Delta P_G}{\Delta F}$

$$\Delta L + K_L \Delta F = \Delta G - K_G \Delta F$$

$$K_G + K_L = \frac{\Delta G - \Delta L}{\Delta F}$$

負荷電力の変動 =  $\Delta L + K_L \Delta F$

発電電力の変動 =  $\Delta G - K_G \Delta F$



負荷変化量[MW] :  $\Delta L$

発電電力変化量[MW] :  $\Delta G$

需給不均衡量[MW] :  $\Delta P$

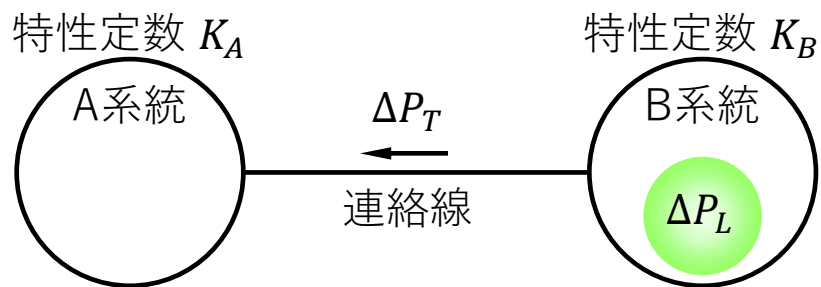
周波数変化量[0.1Hz] :  $\Delta F$

系統周波数特性定数[MW/0.1Hz] :  $K = \frac{\Delta P}{\Delta F} = \frac{\Delta G - \Delta L}{\Delta F} = K_G + K_L$

$K \Delta F = \Delta G - \Delta L$

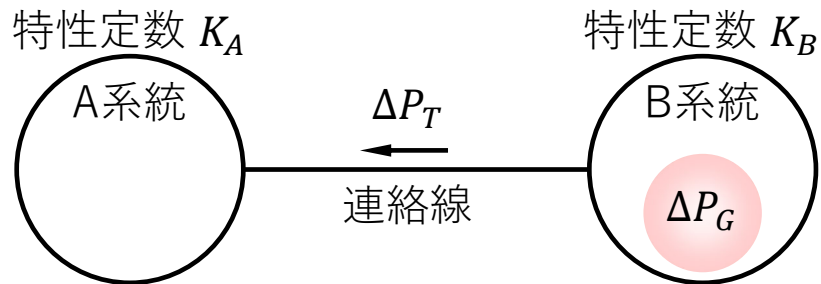
発送配変電 (3)

《系統周波数特性定数 2》



$$K_A \Delta F = \Delta P_T \cdots \textcircled{1}$$

$$K_B \Delta F = -\Delta P_L - \Delta P_T \cdots \textcircled{2}$$



$$K_A \Delta F = \Delta P_T \cdots \textcircled{3}$$

$$K_B \Delta F = \Delta P_G - \Delta P_T \cdots \textcircled{4}$$

発電電力変化量[MW] :  $\Delta G$   
 負荷変化量[MW] :  $\Delta L$   
 周波数変化量[0.1Hz] :  $\Delta F$   
 系統周波数特性定数[MW/0.1Hz] :  $K$

$$K \Delta F = \Delta G - \Delta L$$

①,②より

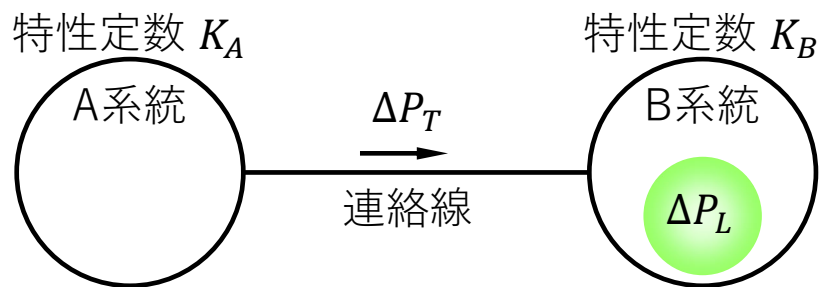
$$K_A \Delta F = -K_B \Delta F - \Delta P_L \quad \Delta F = \frac{-\Delta P_L}{K_A + K_B}$$

③,④より

$$K_A \Delta F = -K_B \Delta F + \Delta P_G \quad \Delta F = \frac{\Delta P_G}{K_A + K_B}$$

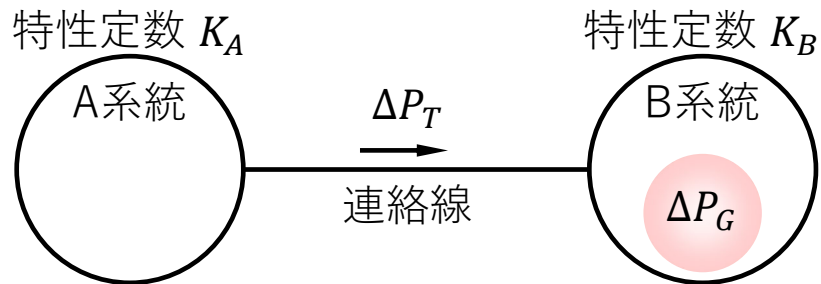
発送配変電 (3)

《系統周波数特性定数 3》



$$K_A \Delta F = -\Delta P_T \cdots \textcircled{1}$$

$$K_B \Delta F = -\Delta P_L + \Delta P_T \cdots \textcircled{2}$$



$$K_A \Delta F = -\Delta P_T \cdots \textcircled{3}$$

$$K_B \Delta F = \Delta P_G + \Delta P_T \cdots \textcircled{4}$$

発電電力変化量[MW] :  $\Delta G$   
 負荷変化量[MW] :  $\Delta L$   
 周波数変化量[0.1Hz] :  $\Delta F$   
 系統周波数特性定数[MW/0.1Hz] :  $K$

$$K \Delta F = \Delta G - \Delta L$$

①,②より

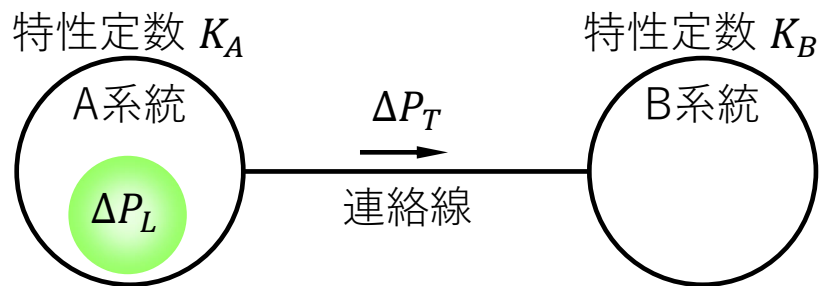
$$K_A \Delta F = -K_B \Delta F - \Delta P_L \quad \Delta F = \frac{-\Delta P_L}{K_A + K_B}$$

③,④より

$$K_A \Delta F = -K_B \Delta F + \Delta P_G \quad \Delta F = \frac{\Delta P_G}{K_A + K_B}$$

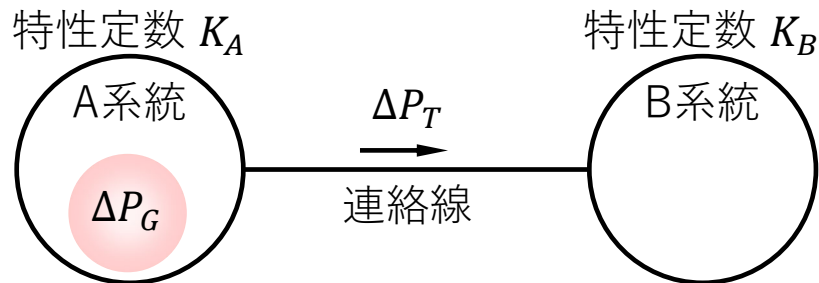
発送配変電 (3)

《系統周波数特性定数 4》



$$K_A \Delta F = -\Delta P_L - \Delta P_T \cdots \textcircled{1}$$

$$K_B \Delta F = \Delta P_T \cdots \textcircled{2}$$



$$K_A \Delta F = \Delta P_G - \Delta P_T \cdots \textcircled{3}$$

$$K_B \Delta F = \Delta P_T \cdots \textcircled{4}$$

発電電力変化量[MW] :  $\Delta G$   
 負荷変化量[MW] :  $\Delta L$   
 周波数変化量[0.1Hz] :  $\Delta F$   
 系統周波数特性定数[MW/0.1Hz] :  $K$

$$K \Delta F = \Delta G - \Delta L$$

①,②より

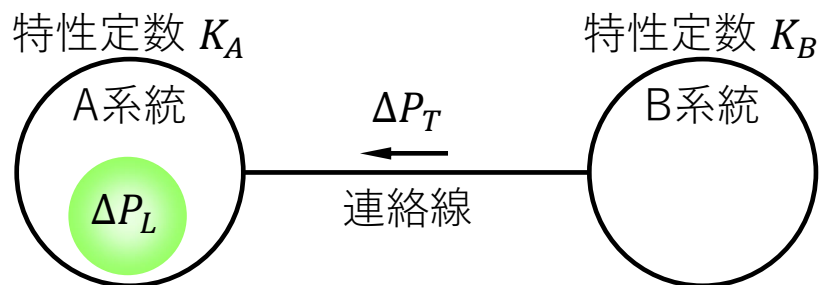
$$K_A \Delta F = -K_B \Delta F - \Delta P_L \quad \Delta F = \frac{-\Delta P_L}{K_A + K_B}$$

③,④より

$$K_A \Delta F = -K_B \Delta F + \Delta P_G \quad \Delta F = \frac{\Delta P_G}{K_A + K_B}$$

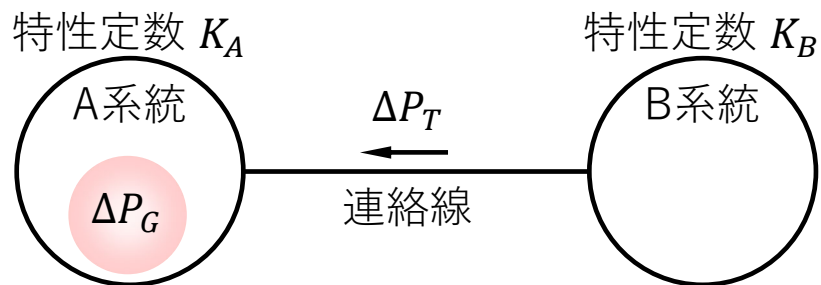
発送配変電 (3)

《系統周波数特性定数 5》



$$K_A \Delta F = -\Delta P_L + \Delta P_T \quad \dots \textcircled{1}$$

$$K_B \Delta F = -\Delta P_T \quad \dots \textcircled{2}$$



$$K_A \Delta F = \Delta P_G + \Delta P_T \quad \dots \textcircled{3}$$

$$K_B \Delta F = -\Delta P_T \quad \dots \textcircled{4}$$

発電電力変化量[MW] :  $\Delta G$   
 負荷変化量[MW] :  $\Delta L$   
 周波数変化量[0.1Hz] :  $\Delta F$   
 系統周波数特性定数[MW/0.1Hz] :  $K$

$$K \Delta F = \Delta G - \Delta L$$

①,②より

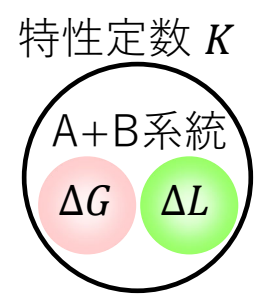
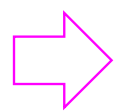
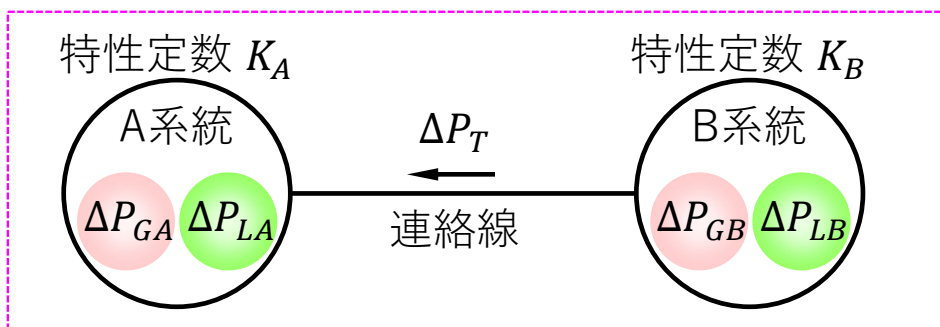
$$K_A \Delta F = -K_B \Delta F - \Delta P_L \quad \Delta F = \frac{-\Delta P_L}{K_A + K_B}$$

③,④より

$$K_A \Delta F = -K_B \Delta F + \Delta P_G \quad \Delta F = \frac{\Delta P_G}{K_A + K_B}$$

発送配変電 (3)

《系統周波数特性定数 6》



発電電力変化量[MW] :  $\Delta G$   
 負荷変化量[MW] :  $\Delta L$   
 周波数変化量[0.1Hz] :  $\Delta F$   
 系統周波数特性定数[MW/0.1Hz] :  $K$   
 $K\Delta F = \Delta G - \Delta L$

$K_A \Delta F = \Delta P_{GA} - \Delta P_{LA} + \Delta P_T \dots \textcircled{1}$

$K_B \Delta F = \Delta P_{GB} - \Delta P_{LB} - \Delta P_T \dots \textcircled{2}$

①,②より  $K_A \Delta F = \Delta P_{GA} - \Delta P_{LA} + \Delta P_{GB} - \Delta P_{LB} - K_B \Delta F$

$\Delta F = \frac{\Delta P_{GA} + \Delta P_{GB} - (\Delta P_{LA} + \Delta P_{LB})}{K_A + K_B} \dots \textcircled{3}$

$\Delta G = \Delta P_{GA} + \Delta P_{GB} \dots \textcircled{4}$

$\Delta L = \Delta P_{LA} + \Delta P_{LB} \dots \textcircled{5}$

$K = K_A + K_B \dots \textcircled{6}$

③,④,⑤,⑥より  $\Delta F = \frac{\Delta G - \Delta L}{K}$

$K\Delta F = \Delta G - \Delta L$

系統周波数特性定数を和とすることで、一つの単独系統と見なすことができる。

連絡線の潮流変化は、送り出し側を正とすると、 $\Delta P_{T*} = \Delta P_{G*} - \Delta P_{L*} - K_* \Delta F$  \* : A、B、...

## 発送配変電（3）

### 《負荷周波数制御》

#### 周波数変動が及ぼす影響

- ・周波数が低下したとき、最終段のタービン動翼が共振を起こし破損につながる。
- ・変動が大きいとき、タービン・発電機の軸ねじれ応力が増大し破損につながる。
- ・電動機の回転速度が変動し、負荷が生み出す製品・目的への品質が悪化する。
- ・発電機電圧が不安定となり、励磁制御が動揺する。過励磁による異常加熱の恐れがある。
- ・タービンへの流入蒸気変動して、火力発電所の制御全般が動揺する。

調整目標範囲：±0.2[Hz] ※北海道・沖縄は±0.3[Hz]

標準周波数±0.1[Hz]以内の時間滞在率実績は概ね99%以上

#### 負荷周波数制御

- ・定周波数制御（FFC）：周波数が一定となるように発電出力を制御（東京・北海道・沖縄電力）
- ・定連絡線電力制御（FTC）：系統をつなぐ連絡線の潮流が一定となるように発電出力を制御
- ・周波数偏倚連系線電力制御（TBC）：FFCとFTCを混合した制御（東北・北陸・中部・関西・中国・四国・九州電力）  
※連絡線が遮断され単独系統となった場合はFFCとなる。
- ・選択周波数制御（SFC）：周波数・潮流状態を条件で分けて、系統毎のFFC・FTCの組み合わせを選択判別

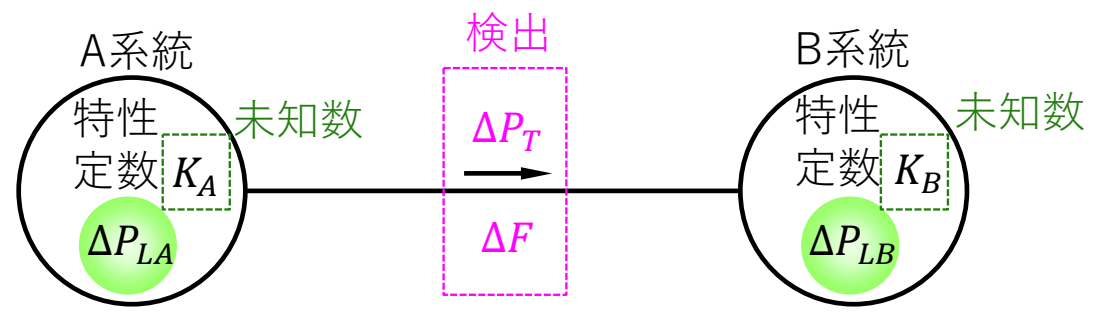
Flat Frequency Control Flat Tie line Control Tie line load frequency Bias Control Selective Frequency Control
--



発送配変電 (3)

《周波数偏倚連系線電力制御》

周波数と連系線潮流の変化を検出して、自系統で発生した電力需給の変化(地域要求量AR)を把握し、自系統内で処理する制御



発電電力変化量[MW] :  $\Delta G$   
 負荷変化量[MW] :  $\Delta L$   
 周波数変化量[0.1Hz] :  $\Delta F$   
 系統周波数特性定数[MW/0.1Hz] :  $K$

$K\Delta F = \Delta G - \Delta L$

$K_A \Delta F = -\Delta P_{LA} - \Delta P_T$

$K_B \Delta F = -\Delta P_{LB} + \Delta P_T$

$\Delta P_{LA} = -K_A \Delta F - \Delta P_T$

$\Delta P_{LB} = -K_B \Delta F + \Delta P_T$

バイアス値 :  $K'_A$

バイアス値 :  $K'_B$

※時々刻々のデータからバイアス値を推定する。

地域要求量 :  $AR_A = -K'_A \Delta F - \Delta P_T$

地域要求量 :  $AR_B = -K'_B \Delta F + \Delta P_T$

計算した自系統の地域要求量を、自系統の発電出力増減によって担う。