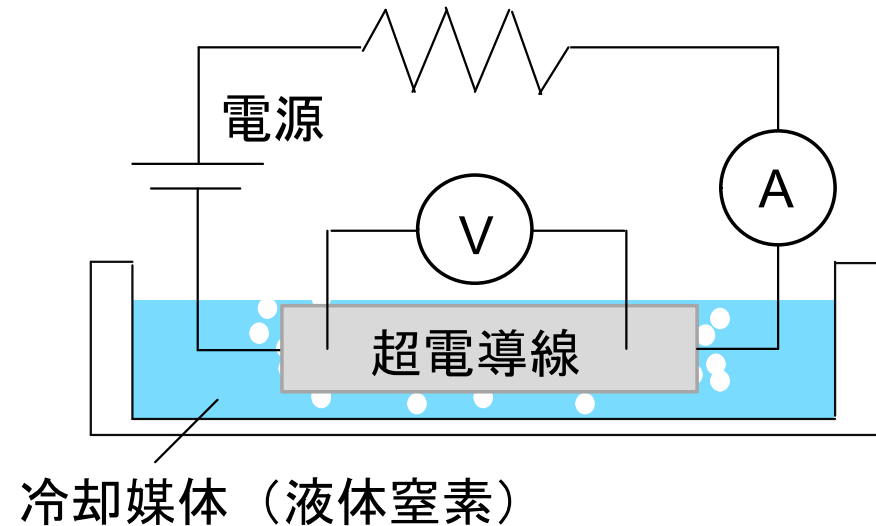
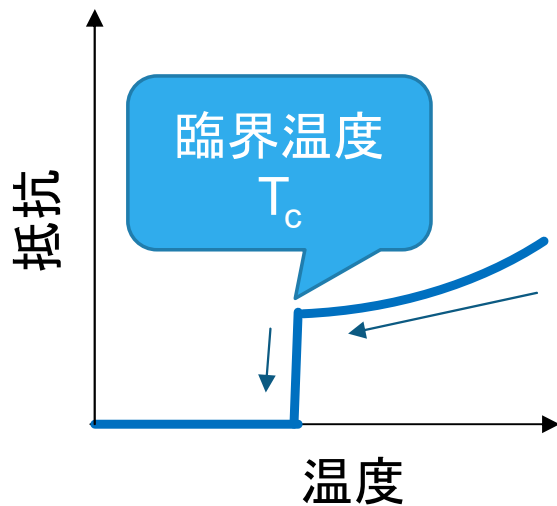




～超電導～

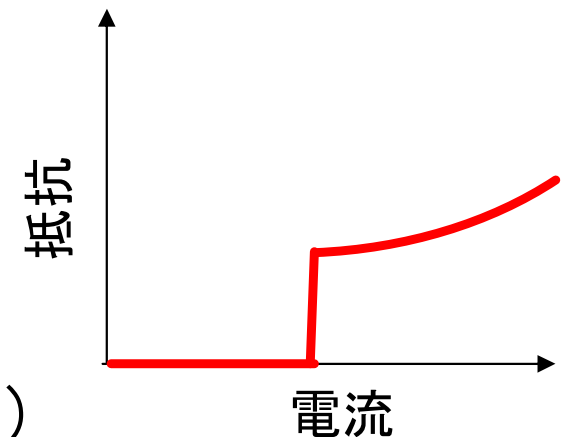
# 超電導とは



- 超電導体・・・極低温まで冷却すると抵抗0に！  
→エネルギー消費がないので、  
無損失に電流を流せる

流す電流を大きくすると・・・

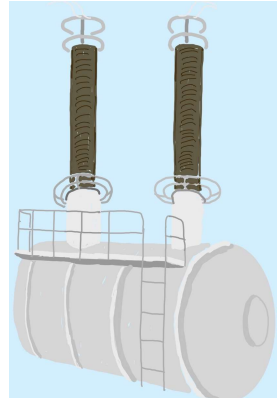
→超電導線に抵抗発生！（+電流が抑制）



## 超電導電力機器



超電導ケーブル



超電導限流器



超電導限流変圧器  
(22 kV / 2 MVA)

超電導現象を用いて，通常時は無損失で運転  
故障発生し大電流が発生した時は，抵抗を発生し**限流**を行う

## 超電導限流器 (SFCL)

に関する研究を，実験と解析の両方で行っています

※SFCL : Superconducting Fault Current Limiter

## 限流特性

- 短絡故障試験
- E-I-T特性の取得

## 限流効果

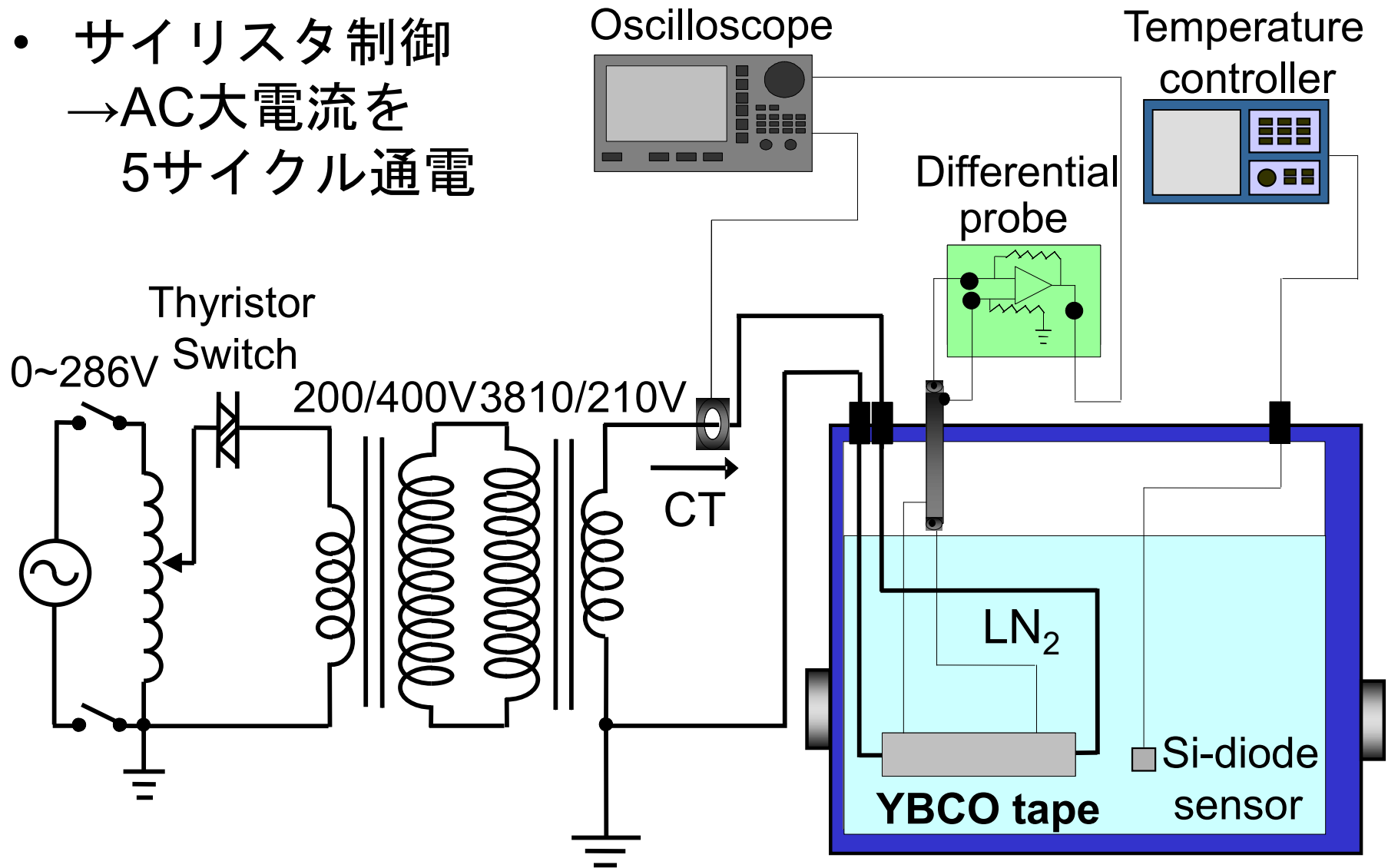
- SFCLの故障電流抑制,  
過渡安定度向上効果評価

## 絶縁特性

- 動的絶縁破壊特性取得

# 短絡故障試験

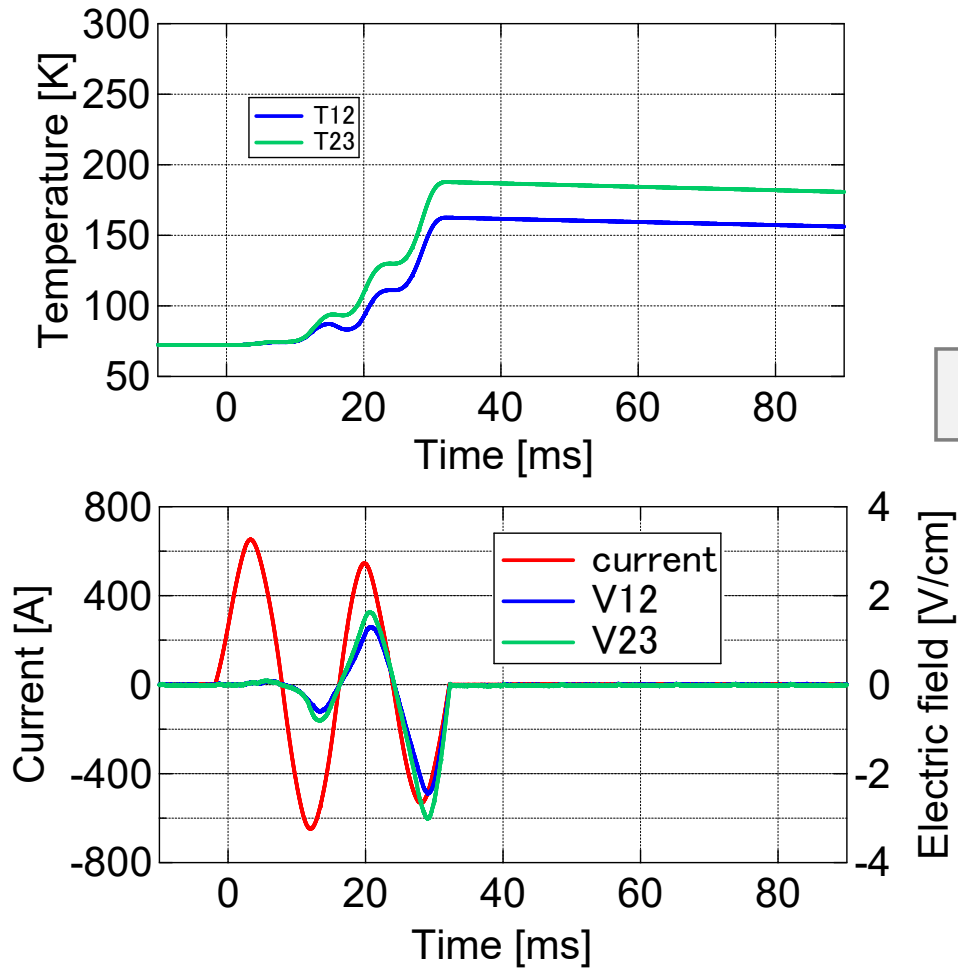
- サイリスタ制御  
→AC大電流を  
5サイクル通電



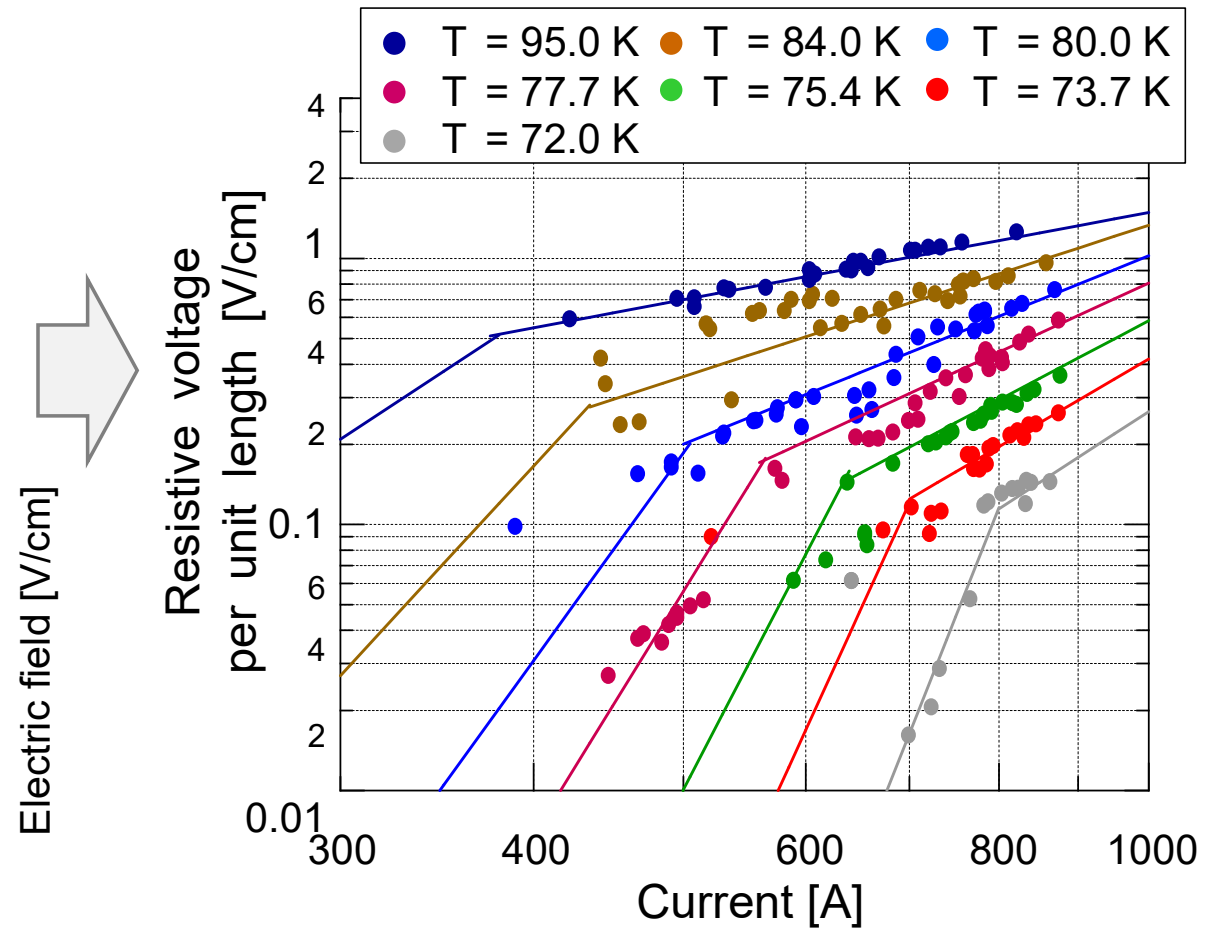
電流・電圧から限流の様子を確認

# E-I-T特性取得

<計測した電流・電圧・温度>



<超電導線材の抵抗発生(E-I-T)特性>



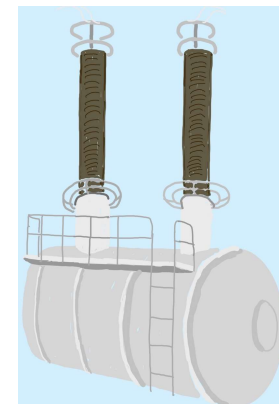
計測したデータをもとに  
E-I-T特性をプロット

絶縁特性・限流効果検討の際に  
必要不可欠なデータ

## 抵抗型超電導限流器

過電流により，常電導状態へと遷移

高インピーダンスが発生  
故障電流を抑制



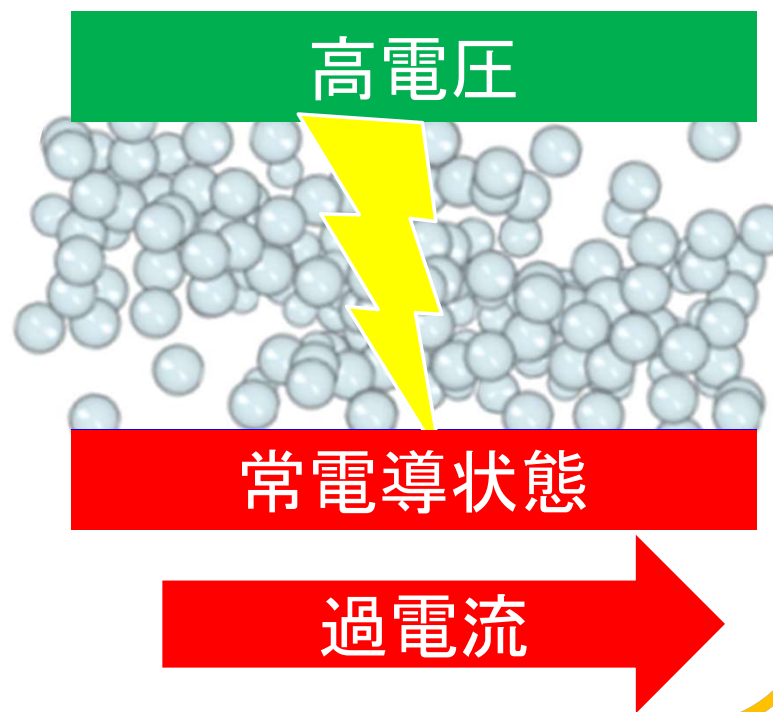
## 電気絶縁性能の課題

限流動作時(高インピーダンス発生時)  
ジュール熱による突発的気泡が発生



突発的気泡が弱点になり絶縁破壊

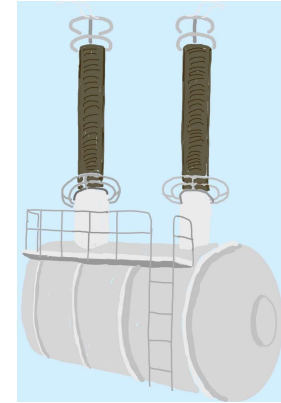
動的絶縁破壊



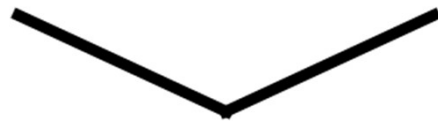
## 抵抗型超電導限流器

過電流により，常電導状態へと遷移

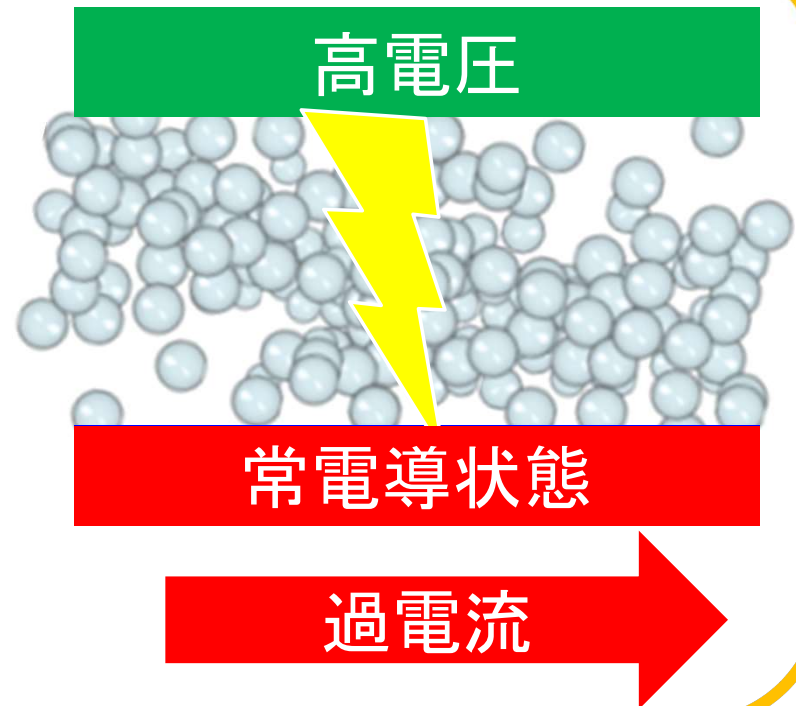
高インピーダンスが発生  
故障電流を抑制



マイクロバブルを起点とする  
静的絶縁破壊電界( $BDE_{static}$ )  
(電界ストレス)



突発的気泡を起点とする  
動的絶縁破壊電界( $BDE_{dynamic}$ )  
(電界ストレス + 熱ストレス)



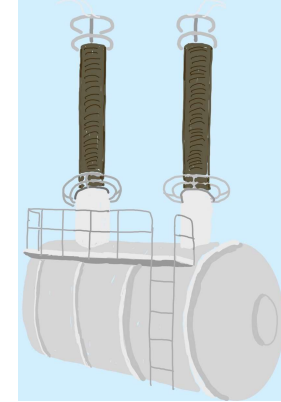


# 動的絶縁破壊特性

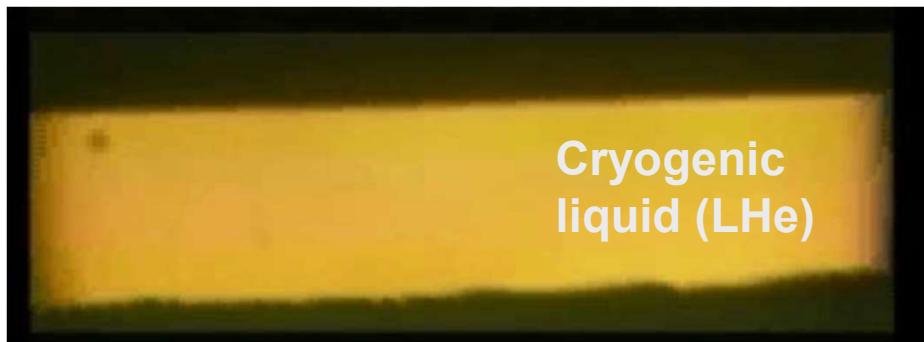
8

## 抵抗型超電導限流器

過電流により，常電導状態へと遷移  
高インピーダンスが発生



High-voltage electrode

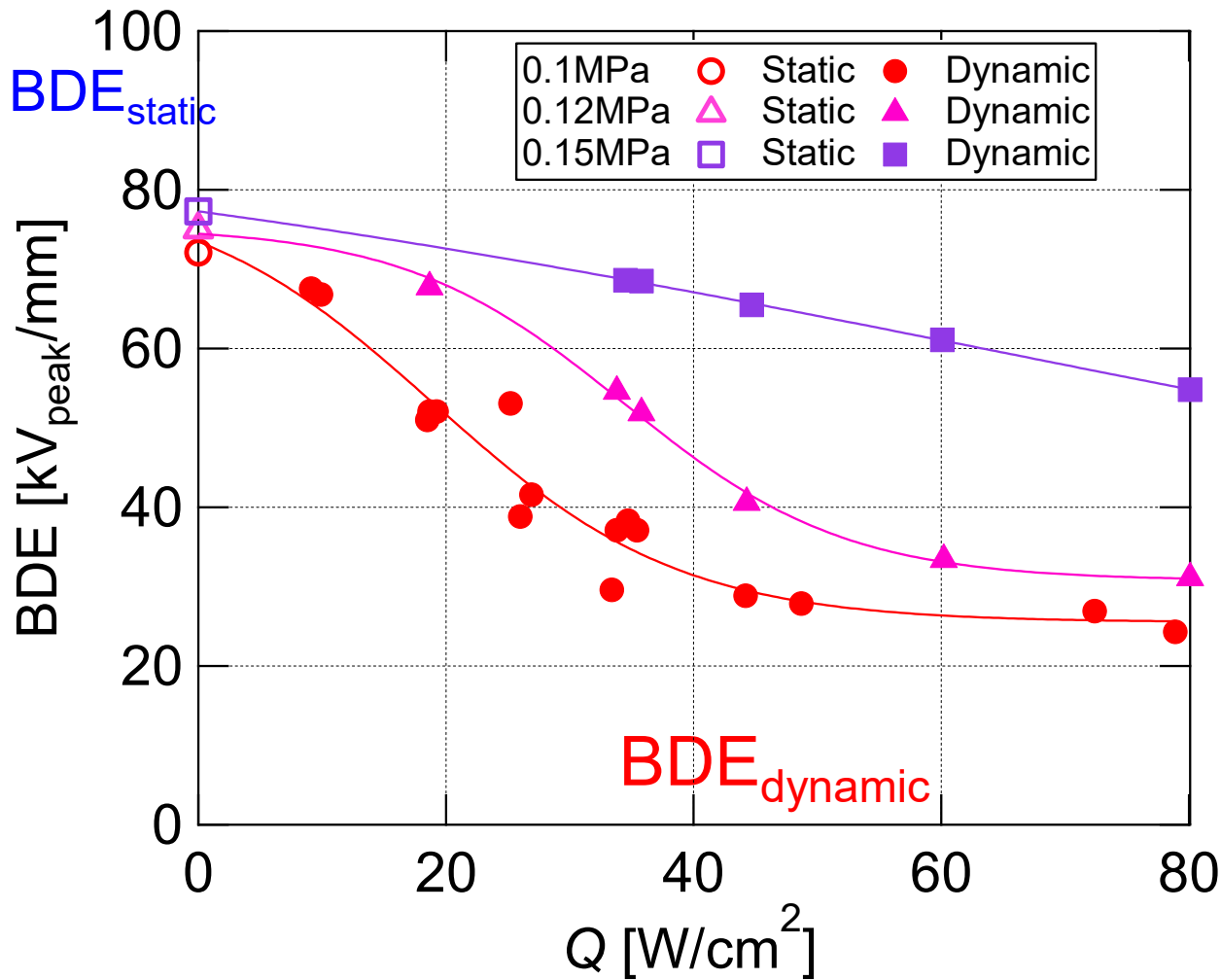


Superconducting coil (NbTi)



ビデオカメラにより絶縁破壊の確認


# 動的絶縁破壊特性\_熱流束依存性



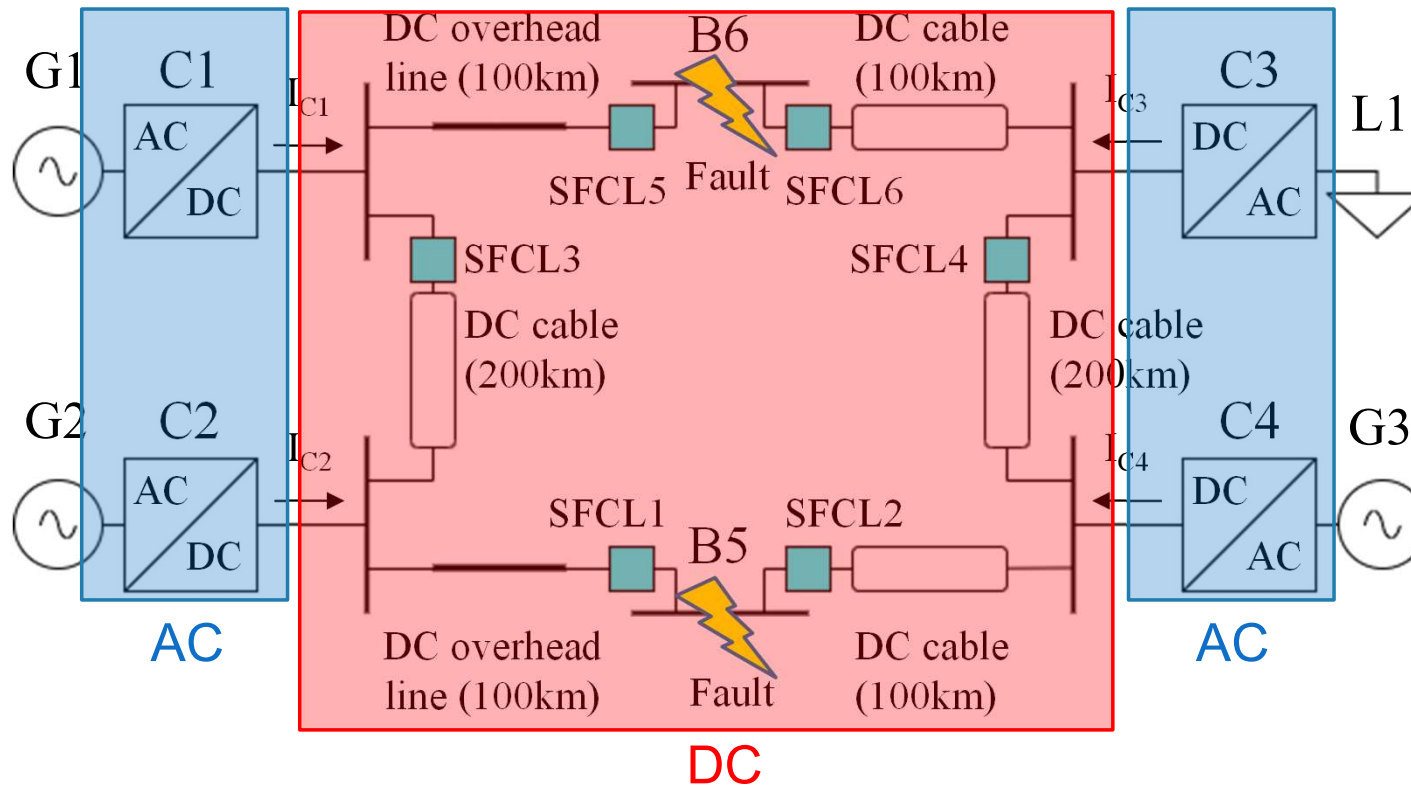
突発的気泡を伴わない  
静的絶縁破壊電界(BDE<sub>static</sub>)  
突発的気泡を伴う  
動的絶縁破壊電界(BDE<sub>dynamic</sub>)



クライオスタット使用

Qの増加に伴い  
BDEは低下  気泡の増加

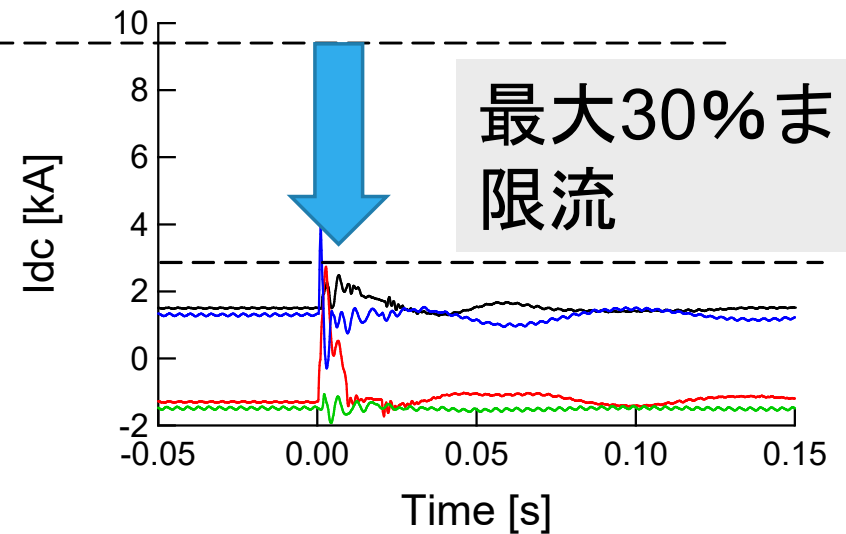
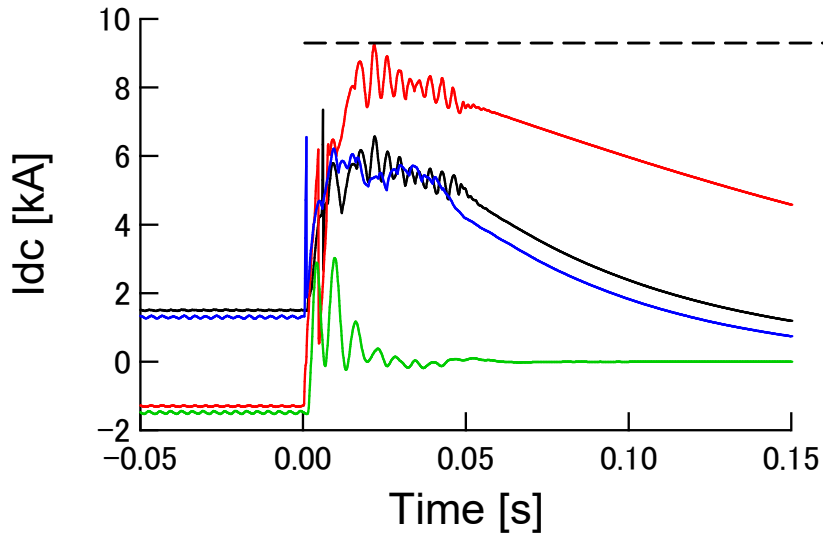
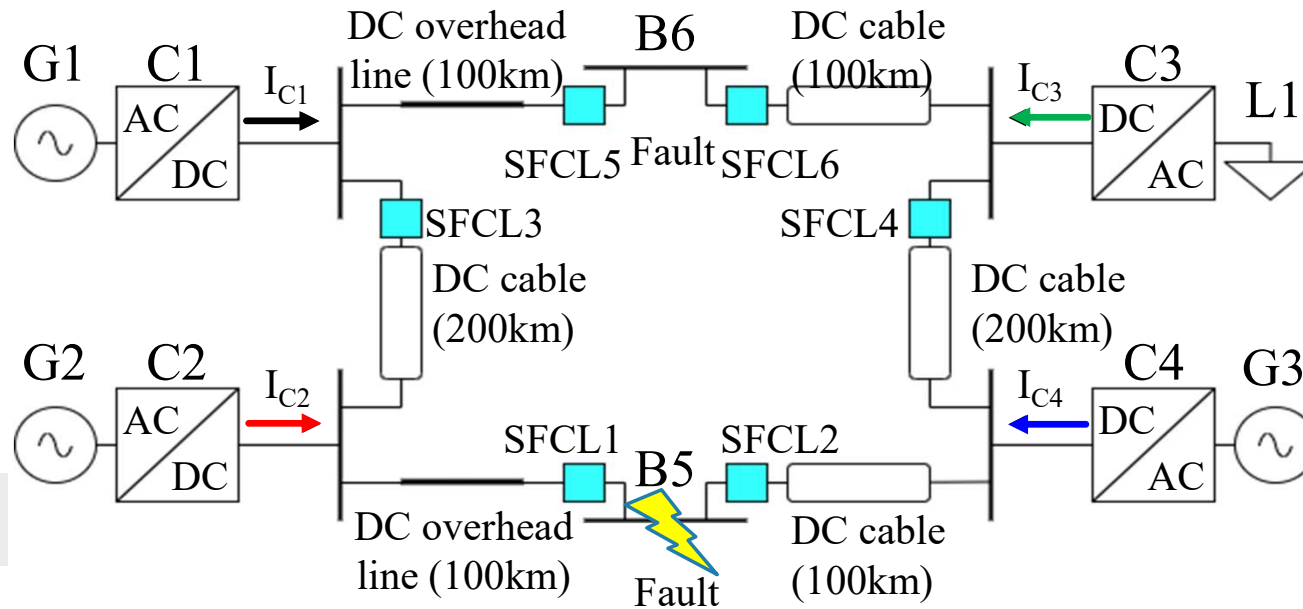
圧力の増加に伴い  
同程度のQに対する  
BDEの低下を抑制



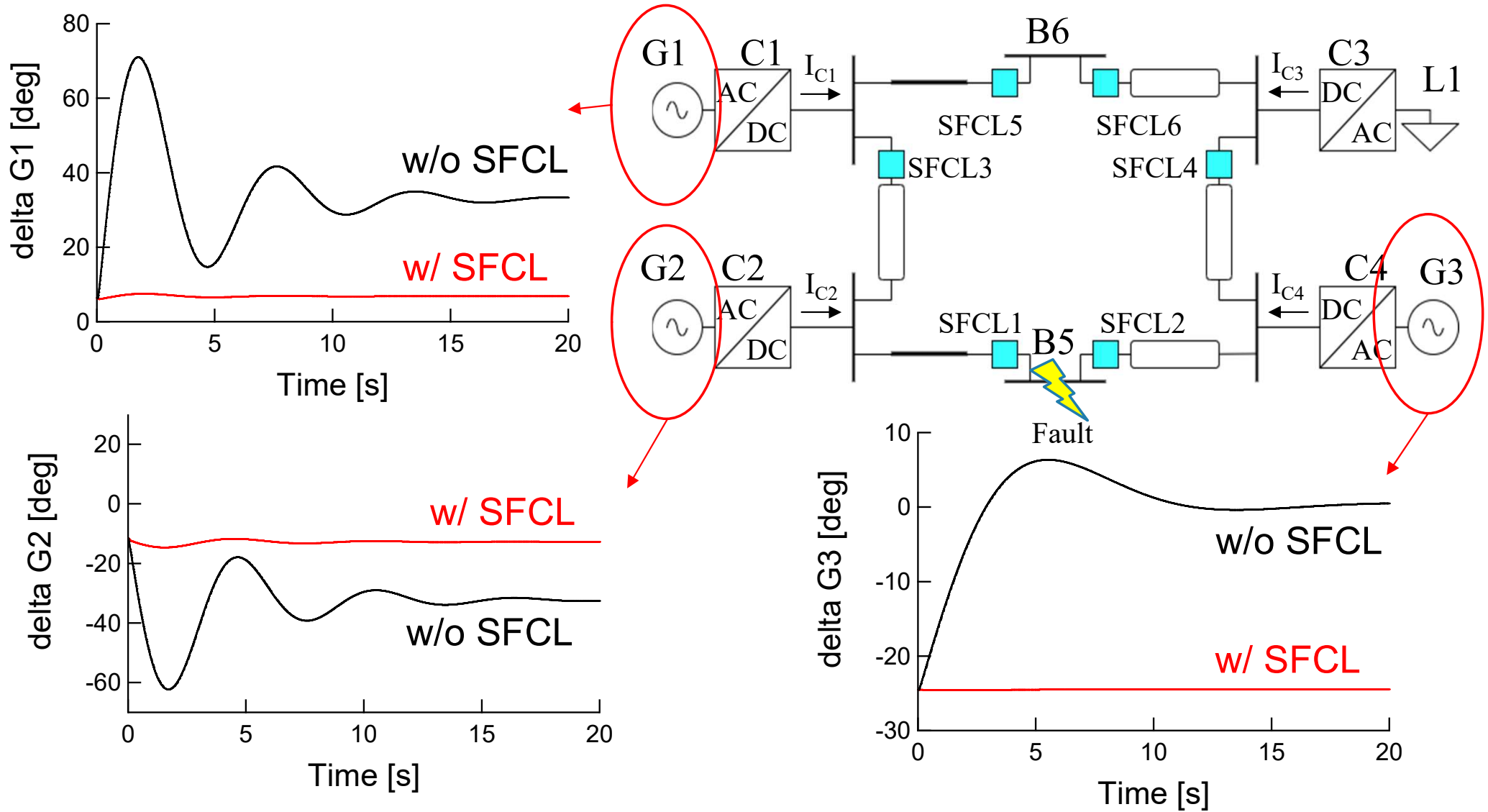
## 特長

- 4端子の直流系統モデル（CIGRE B4-57がベース）
- G1～G3：発電機，L1：負荷，C1～C4：交直変換器
- 発電機モデルを導入（安定度を検討可能）
- SFCLを線路に複数導入（複数の協調を考慮）

# 故障電流抑制効果



# 過渡安定度向上効果



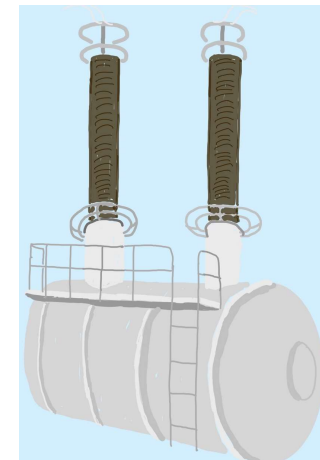
安定度向上効果を確認

## 限流器の需要

電力系統の広域連携 & 太陽光発電  
などの分散電源の増加  
→故障時の短絡電流の増加が問題



限流器と遮断器を用いて効果的に抑制



## 直流送電

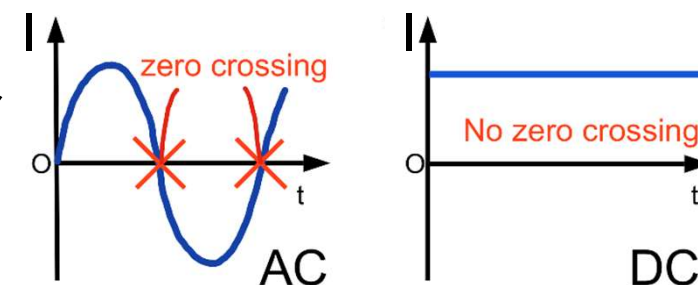
長距離・大容量の送電可能，安定度の考慮不要



電流零点がなく，遮断器のみでは不十分



**直流**の限流器が重要



**直流**におけるSFCLの限流効果・限流特性・絶縁特性