

QUESTへのCHI導入における初回実験の結果報告

K. Kuroda¹, R. Raman², K. Hanada¹, T. Onchi¹, M. Ono³, T. Jarboe², B. A. Nelson², M. Hasegawa¹,
M. Nagata⁴, O. Mitarai⁵

¹ Kyushu University, Japan, ² Washington University, USA, ³ Princeton Plasma Physics
Laboratory, USA, ⁴ Hyogo University, Japan, ⁵ Institute for Advanced Fusion and Physics
Education, Japan

QUESTにおけるCHIの導入

ワシントン大学及びプリンストンプラズマ物理研究所(PPPL)との日米国際協力によりQUESTへのCHIの導入計画を進行中。

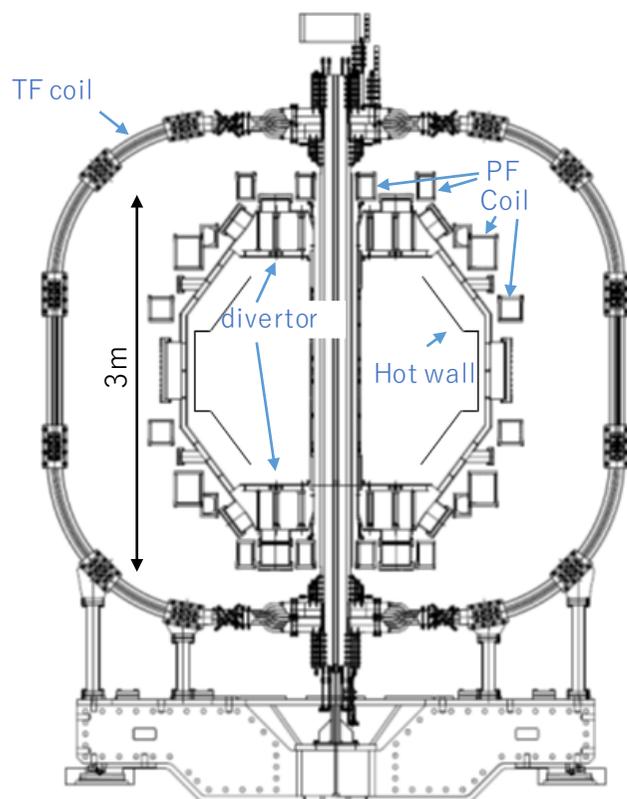
計画の狙い

- CHI初期電流立ち上げを行うことによるOH及びECCD駆動電流の増強
特にCHI プラズマに対する28GHz ECHの結合性についての評価を行う。
- 全面金属プラズマ対向壁のQUESTにおいて、低Z不純物の低減によるCHI電流駆動への効果を検証
- HIT-II及びNSTX-Uよりもより単純化した電極において、ECH前加熱を用いた安定なCHI電流駆動手法の確立

各装置とQUESTのパラメーター

QUEST(Kyushu university)

$R_0=0.68\text{m}$ 、 $a=0.4\text{m}$ 、 $Bt_0=0.25\text{T}$

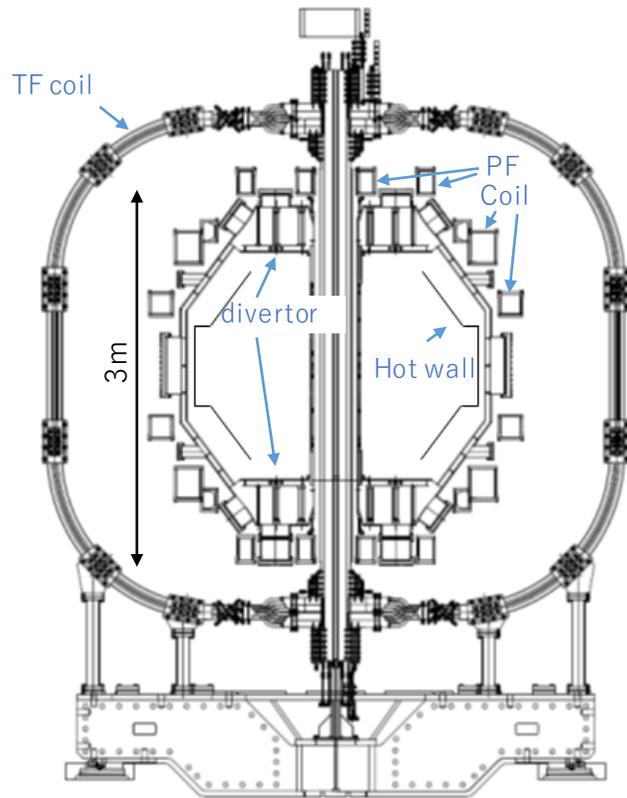


	HIT-II	NSTX	NSTX-U	QUEST
R [m]	0.3	0.86	0.93	0.68
a [m]	0.2	0.68	0.62	0.4
Vol [m ³]	0.36	18	18	3.6
Ψ_{inj} [mWb]	8	47		~40
V_{inj} [kV]	1~4kV	1.7kV		~2kV
I_p / I_{inj} [kA]	100/15~30	250/2~10		
Electrode (Wall)	W, Graphite	Graphite, Li coating		W, SUS316

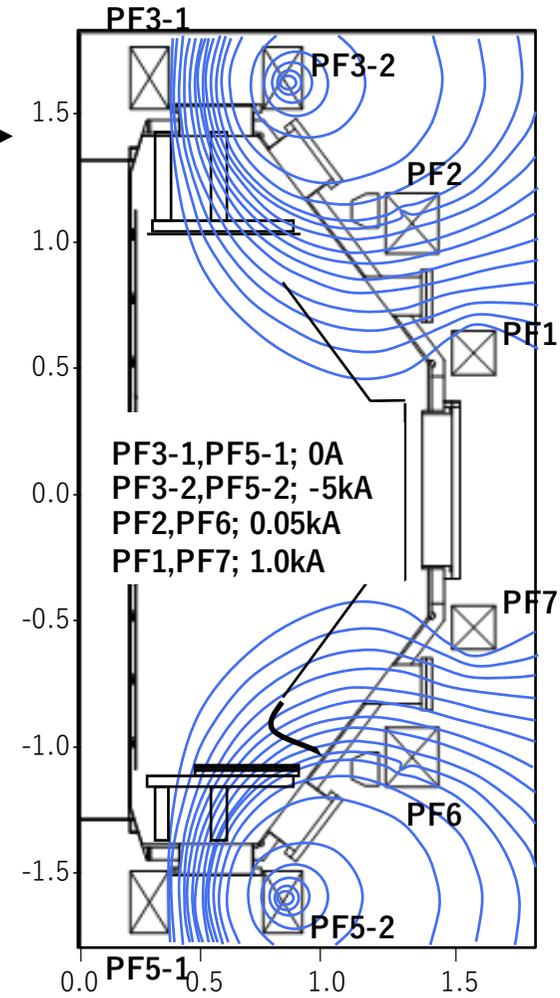
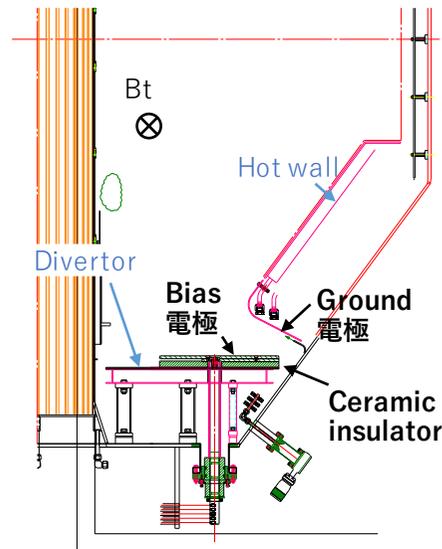
想定入射磁束と設置電極

QUEST(Kyushu university)

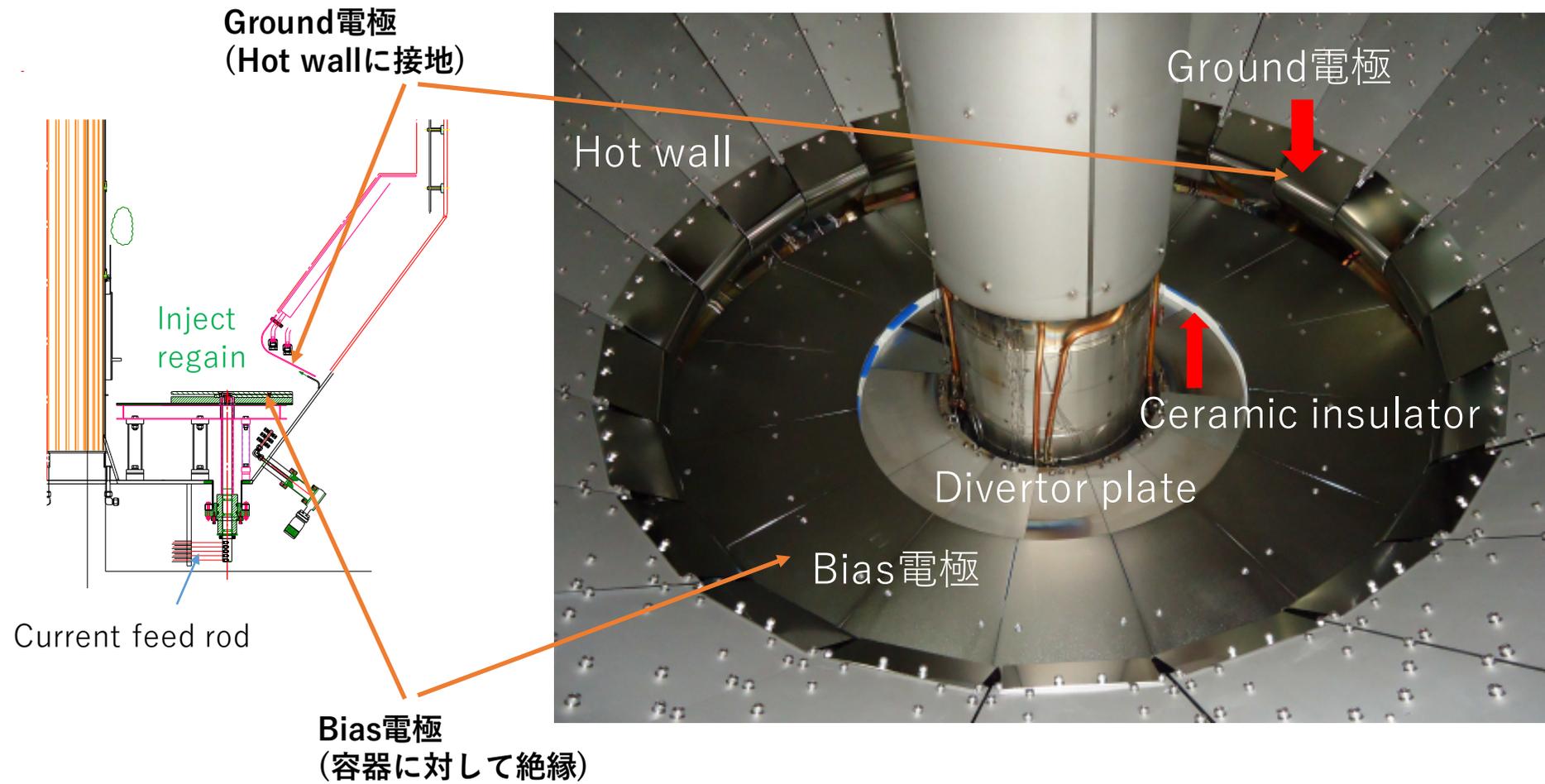
$R_0=0.68\text{m}$ 、 $a=0.4\text{m}$ 、 $Bt_0=0.25\text{T}$



想定入射磁束配位 →

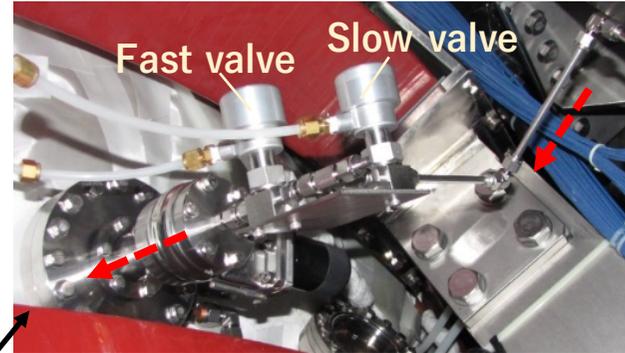
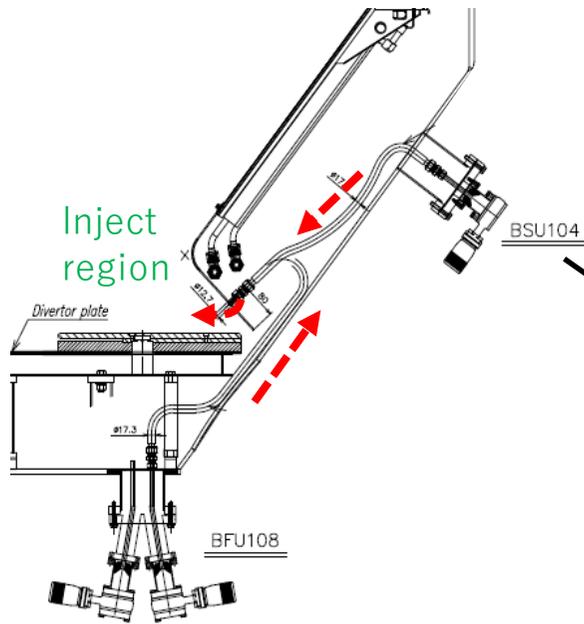


想定入射磁束と設置電極

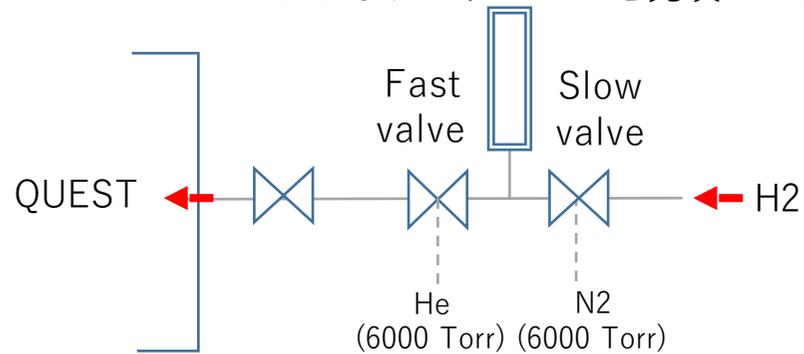


ガス導入システム

Gas injector



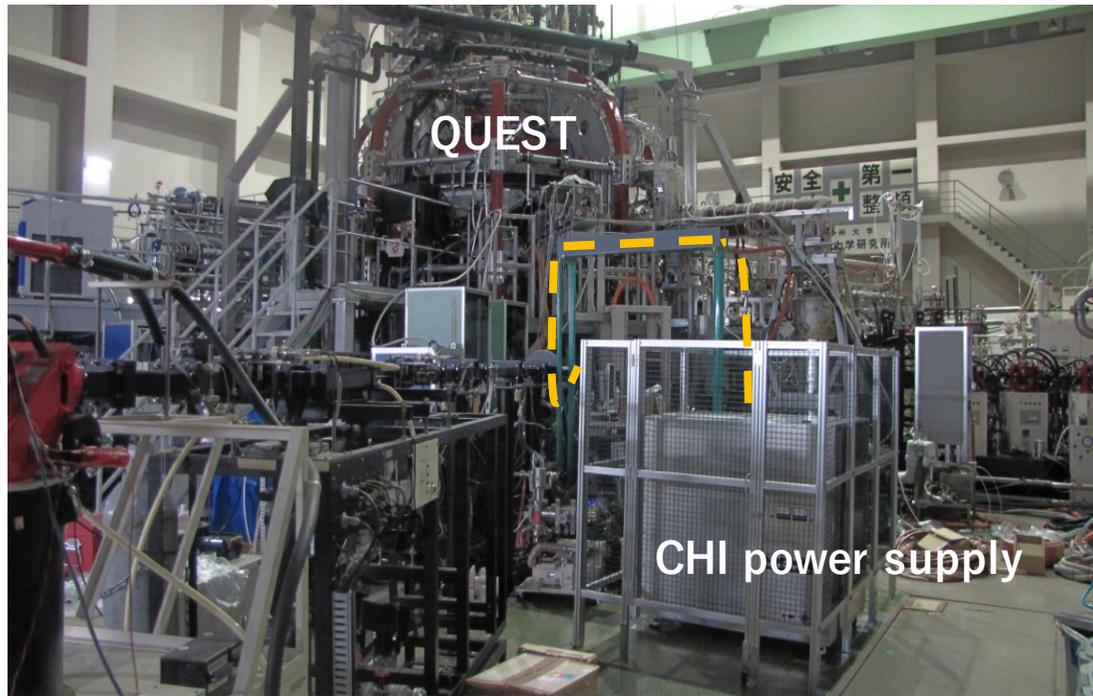
Gas 小タンクにガスを充填~0.3MPa



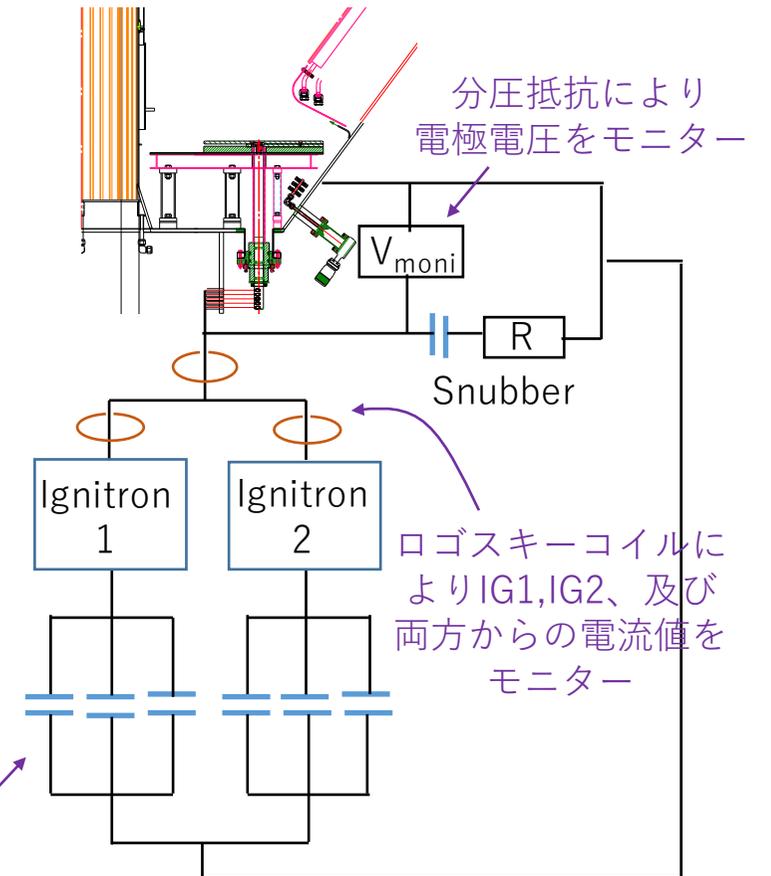
電極間の環状の入射領域に2箇所から
ガスを導入

ガス導入方法；
Slow valve開放後小タンクに高い圧力値の水素を貯める。
その後Fast valveを開放してガスをQUEST内に導入する。

CHI電源(コンデンサーバンク)



各イグナイトロンに最大3つまでのコンデンサー(5mF)が接続可能

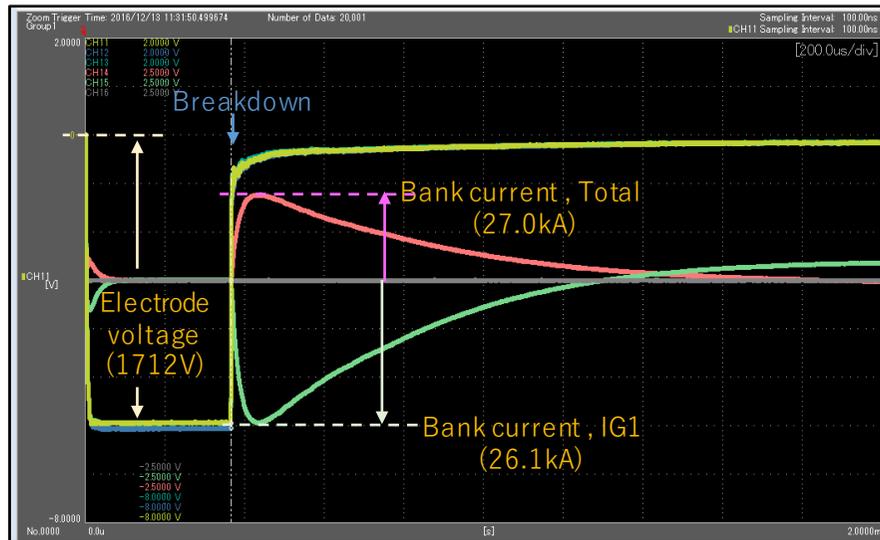


QUESTにおけるCHI初回実験

目的；導入したCHIシステムによる安定したブレークダウン条件の確立

想定した入射磁束配位においてブレークダウンを観測

バンクからの供給電流と電極電圧のモニター波形
IG1 + Cap × 2 を使用



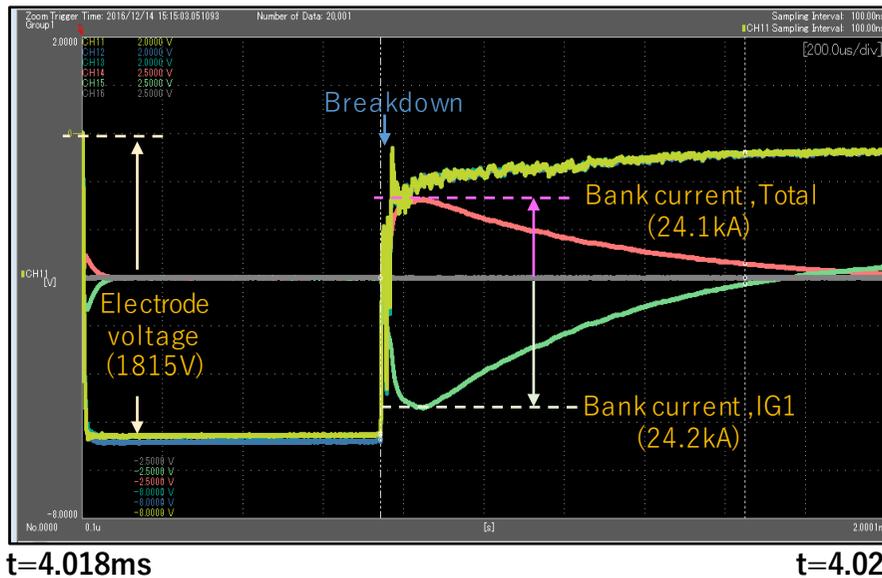
#034059
PF35-2; -5kA
PF26; 0.05kA
PF17; 1.0kA
Connection length; 0.5-7m
Gas plenum pressure; 0.3MPa
Bank voltage; 1.7kV
Bank Trig. time
(from gas inj-time); 20ms
ECH(8.2GHz); none

ただし安定な条件ではなく、初回に数回ブレークダウンを起こしたがその後再現出来なかった。
ガス条件、バンクの印加電圧条件などの調整、及びECHの前加熱など行ったがあまり効果はなし。

QUESTにおけるCHI初回実験

ポロイダル磁場(PF)コイル電流を下げた磁束配位で安定なブレイクダウンが観測

バンクからの供給電流と電極電圧のモニター波形
IG1 + Cap × 2 を使用

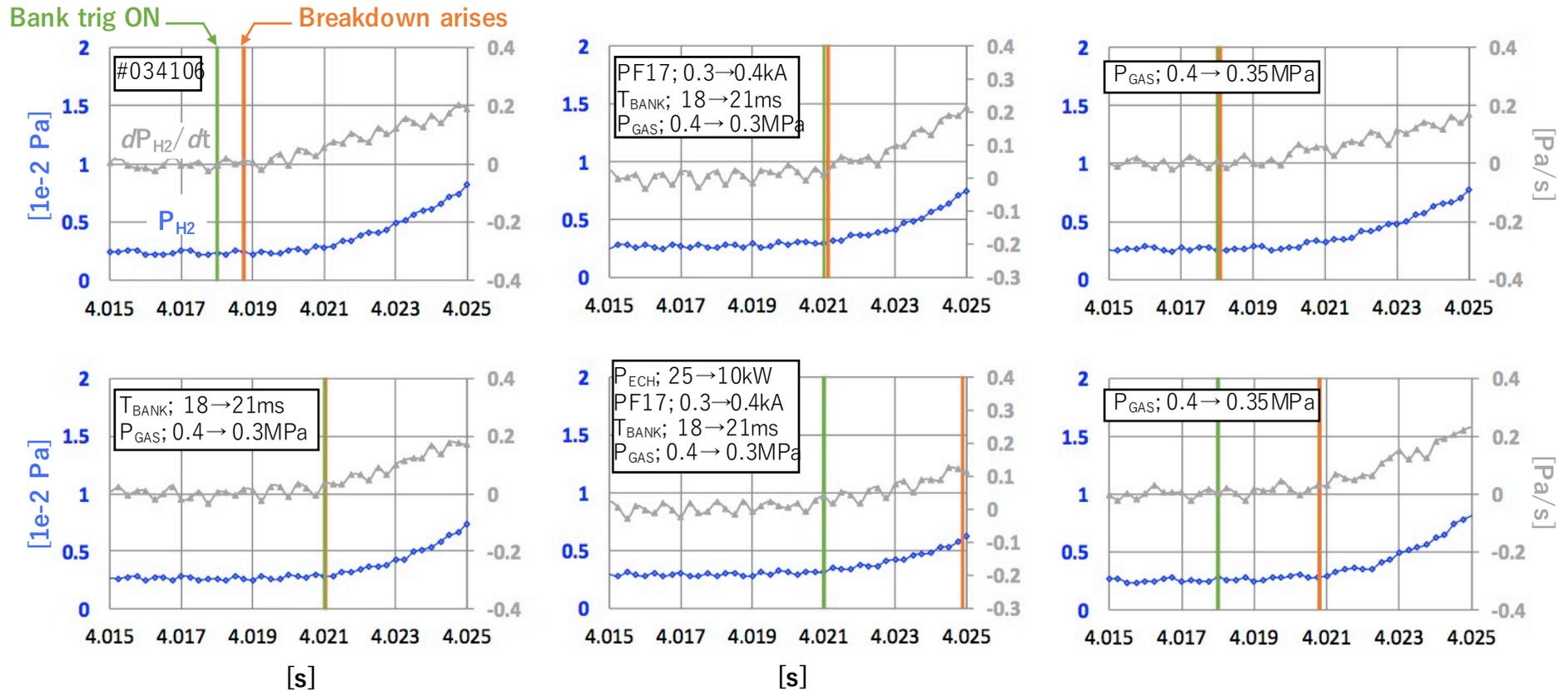


#034106
PF35-2; -1.5kA
PF26; 0.015kA
PF17; 0.3kA
Connection length; 1.8-24m
Gas plenum pressure; $P_{\text{GAS}}=0.4\text{MPa}$
Bank voltage; 1.8kV
Bank delay
(from gas inj-time); 18ms
ECH(8.2GHz); $P_{\text{ECH}}=25\text{kW}$

8.2GHzのECHによる前加熱なしではブレイクダウンは生じない。
それ以外のすべてショットでブレイクダウンが発生した。

QUESTにおけるCHI初回実験

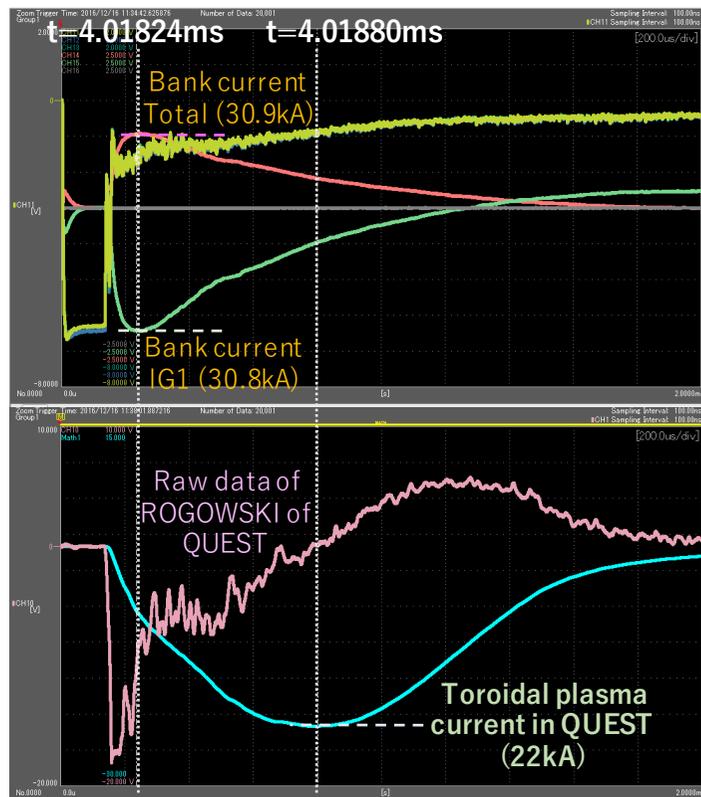
安定磁束配位での各放電条件に対するブレイクダウン発生タイミング
ガスバルブ開放(t=4s)後の圧力値変動



各種条件によりブレイクダウン発生タイミングが数 μ s ~数msの間で変動

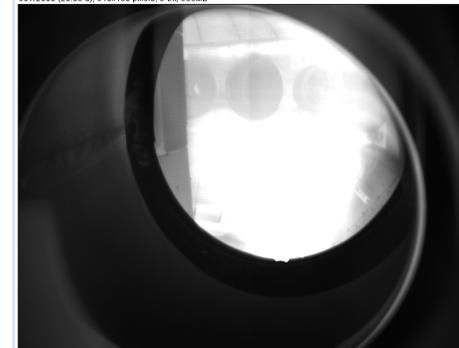
QUESTにおけるCHI初回実験

バンクからの供給電流と電極電圧のモニター波形
IG1 + Cap×3 を使用

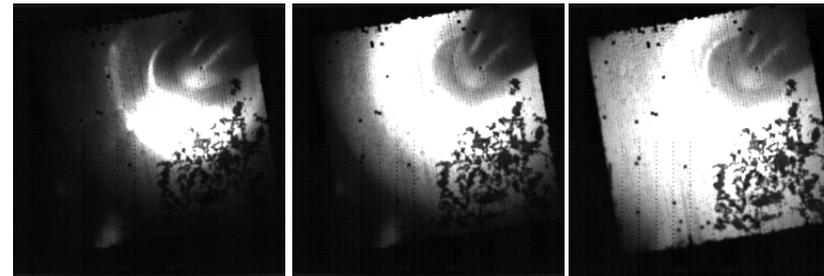


#034168
PF35-2; -1.5kA
PF26; 0.015kA
PF17; 0.3kA

側面からのカメラ映像



上部からのカメラ映像



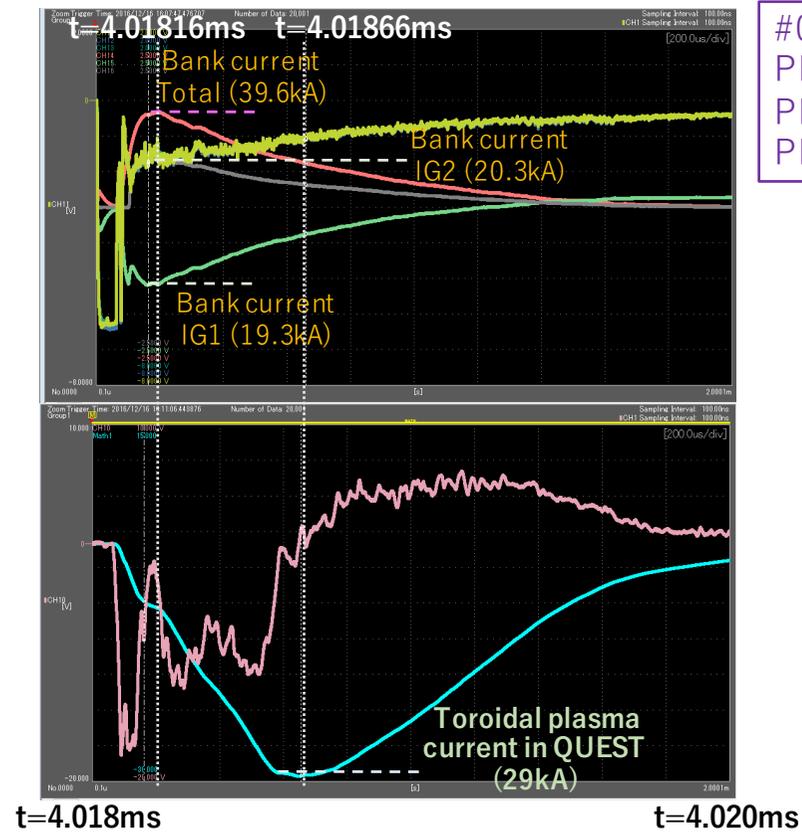
Breakdown

$t=4.01824\text{ms}$

$t=4.01880\text{ms}$

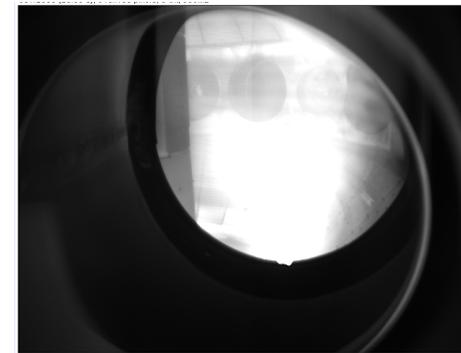
QUESTにおけるCHI初回実験

バンクからの供給電流と電極電圧のモニター波形
IG1 + Cap × 2, IG2 + Cap × 2 を使用

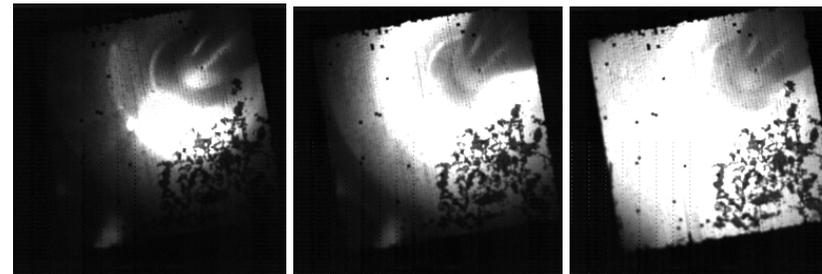


#034185
PF35-2; -1.5kA
PF26; 0.015kA
PF17; 0.4kA

側面からのカメラ映像



上部からのカメラ映像



Breakdown

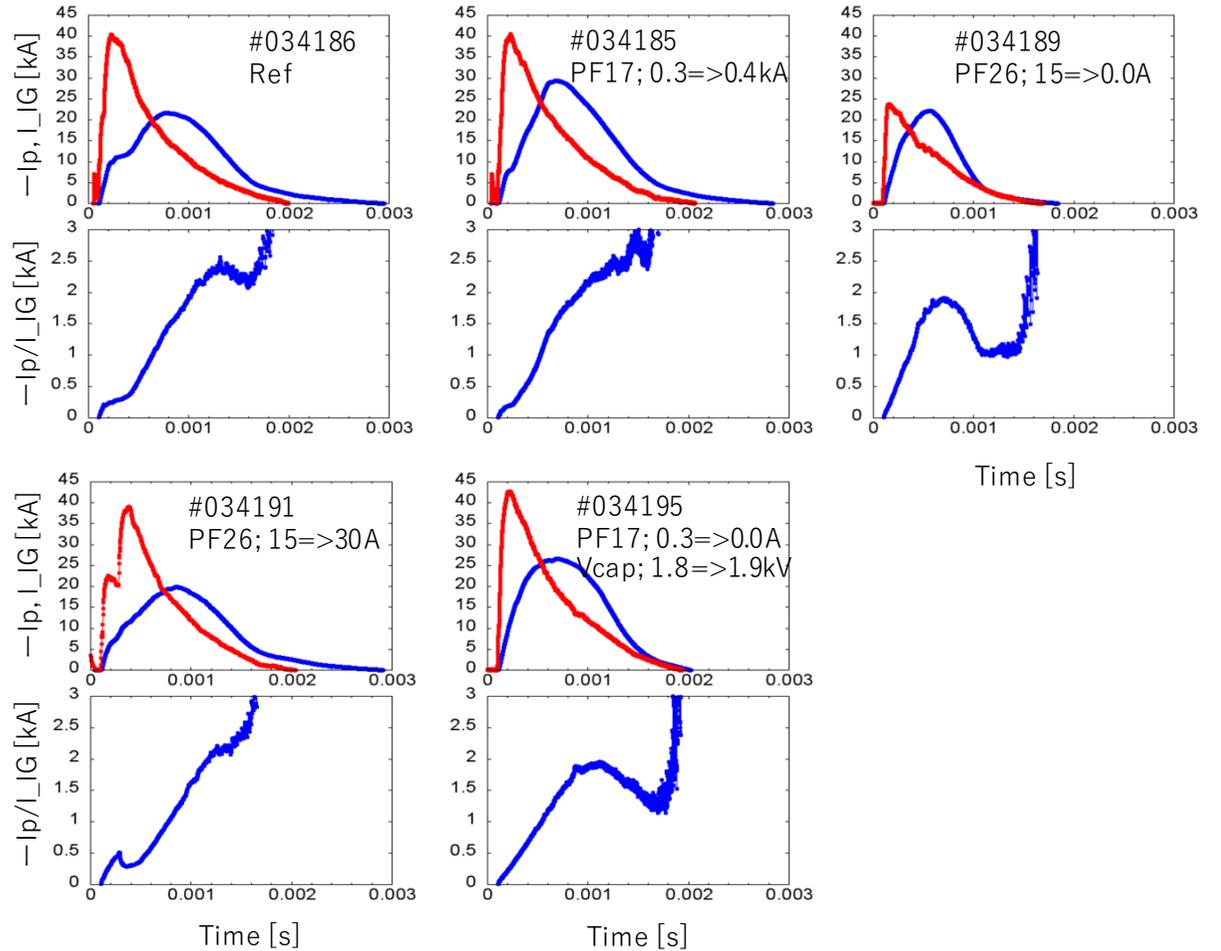
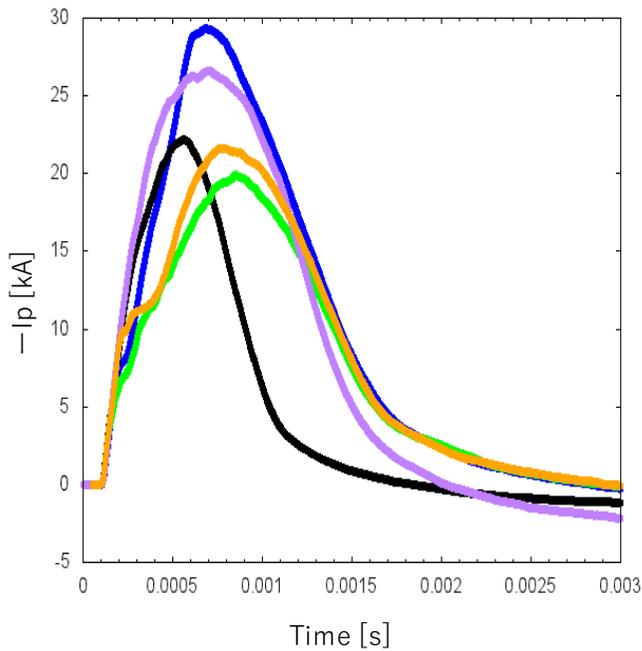
$t=4.01816\text{ms}$

$t=4.01866\text{ms}$

QUESTにおけるCHI初回実験

Conditions of the shots

034186 -> PF35-2; 1.5kA, PF26; 15A, PF17; 0.3kA, Vcap=1.8kV
 034185 -> PF35-2; 1.5kA, PF26; 15A, PF17; 0.4kA, Vcap=1.8kV
 034189 -> PF35-2; 1.5kA, PF26; 0A, PF17; 0.3kA, Vcap=1.8kV
 034191 -> PF35-2; 1.5kA, PF26; 30A, PF17; 0.3kA, Vcap=1.8kV
 034195 -> PF35-2; 1.5kA, PF26; 30A, PF17; 0.0kA, Vcap=1.9kV



次回実験のための準備

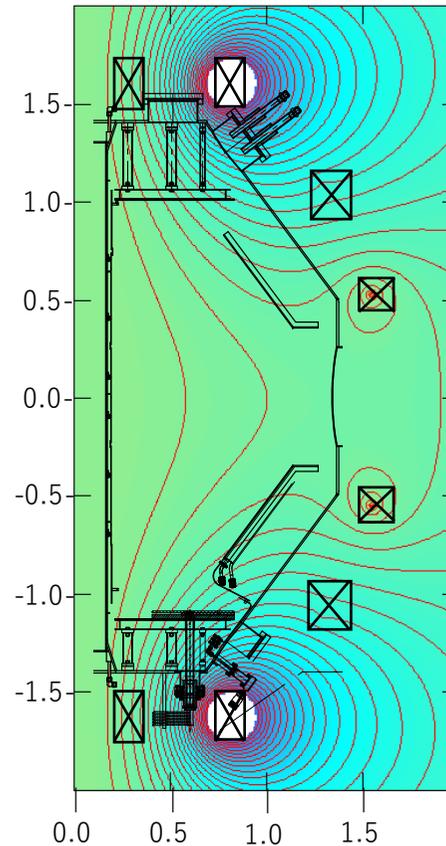
今後の実験の目標

- ・ 容器内部へプラズマを拡大、及び維持する条件の確立
- ・ 閉じた形成磁気面の観測による確認
- ・ 入射電流のプラズマ電流に寄与する割合についての解析

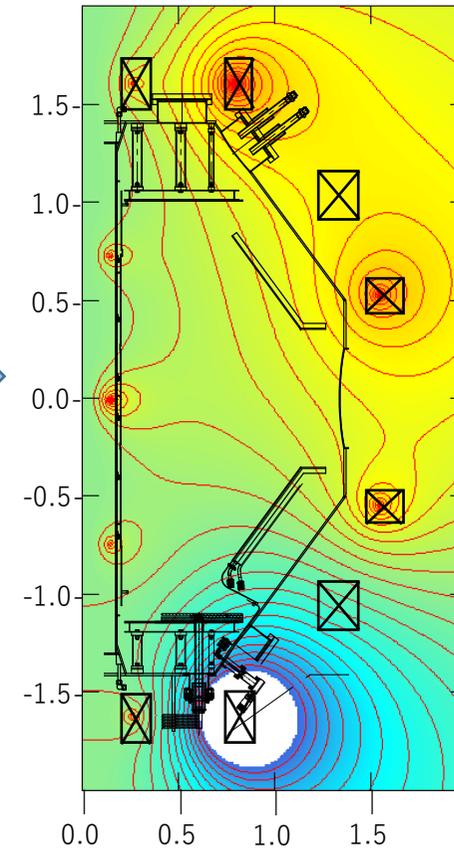
そのための準備

- ・ 上下非対称磁場配位のためのPFコイルシステムの改造
- ・ 計測機器(側面高速カメラなど)の増設

PF3-1= 0A, PF5-1= 0A
PF3-2=-1500A, PF5-2=-1500A
PF2= 15A, PF6= 15A
PF1= 300A, PF5-1= 300A
PF4= 0A



PF3-1= 1000A, PF5-1= 1000A
PF3-2= 1000A, PF5-2=-2500A
PF2= 15A, PF6= 15A
PF1= 1000A, PF5-1= 1000A
PF4= 1000A



まとめ

QUESTにCHIシステムを導入し初期実験を行った。

実験結果について;

以下の磁束配位において安定なブレークダウンを確認した。

PF35-2; -1.5kA, PF26; 0.015kA and PF17; 0.3kA + 8.2GHz ECH.

カメラ映像よりブレークダウン後プラズマは赤道面まで上昇しており、その際のプラズマ電流値は30 k A近くまで上昇した。

(ある程度の磁気面が形成していることが予想される。)

今後の予定;

容器内部にプラズマを拡大させ、維持させる条件の確立, 閉じた磁気面の形成を観測するため、PFコイルの改造、及び計測器の増設を検討する。