QUEST 実験の 今後の計画

Mission of QUEST (2007)

- The mission of QUEST should be to develop the scientific basis for achieving a steady state condition at sufficiently high beta (~20%), with high confinement and low collisionality, in a longer term program that contains three Phases of R&D.
- The short-term goal of QUEST for Phase I (the first 2years : 2008-2009) is to establish the basis for sustained operation at low density (~4x10¹⁸ m⁻³) and low current (20-30 kA).
- In Phase II (6 years:2010-2015), progress towards higher current (~100 kA) in steady-state, and towards higher beta (~10%) in the pulsed operation will be pursued with an upgraded heating system.
- The goal of Phase III research is to achieve steady state operation of ST at sufficiently high beta (~ 20 %).

高温プラズマ定常維持における九大の貢献



Fusion power plants designed by JAEA



Recent fusion power plant concepts base on high β in low aspect ratio, A. Especially, VECTOR is based on a special concept of center solenoid less.

Why need to plasma start-up in non-inductive technique?



There are not enough space for installation of center solenoid to forme low aspect ration configurations. →Need to plasma start-up in non-inductive technique.

プラズマ着火の問題 3つの方法が提案

高周波電流駆動(RFCD)

- 超伝導トカマクでも採用(ITER, KSTER)
- 日本のSTで提案・実施(LATE, TST-2@K, TST-2, CPD, QUEST)

_____ 2つの方法を実施

• 英国のSTでも実験(MAST)

同軸ヘリシティ入射(CHI)

- 米国のSTで提案・実施(HIT, HIT-II, NSTX, NSTX-U)
- 日本のSTでも実施(HIST)
- QUESTで共同研究

プラズマ合体(PM)

- 英国のSTで提案・実施(MAST)
- 東大のグループで共同研究(TS-2, TS-3, UTST)

Non inductive Current start-up (35kA) with 8.2GHz RF



• 35 kA was achieved at 100 kW. Although SSO was not established, Ip more than 20 kA was sustained for ~ 15 s. Wave absorption decreases with enhancing recycling. Plasma shape was oblate due to strongly curved Bz.

FULL-CD with 28GHz @ 270kW gives more than 50 kA



8

Time evolutions of flux surface in 28GHz full non inductive plasma

QUEST Advanced Fusion Research Center



Toroidal field dependence of plasma current is quite clear



Plasma current start-up with only 8.2GHz



PWI related issues for SSO



MAST-U Super X divertor Concept NSTX Snow flake divertor

Joachim Roth et al, 2008 Plasma Phys. Control Fusion 50 QUEST装置の役割と位置づけ 核融合装置における粒子循環の解明



粒子循環に関する世界の研究の情勢

		壁材料	粒子制御	備考
QUEST	九州大学	W	Hot wall	
ITER	国際協力	W+Be		C→W+Be
JT-60SA	国際協力	С		
JET	欧州共同体	W+Be		C→W+Be
ASDEX-U	ドイツ	W		C→W
EAST	中国	C+W+Mo	Li – dropper	C→C+W+Mo
KSTER	韓国	С		
WEST	フランス	W		C→W
NSTX-U	米国	Мо	Li – dropper	C→Mo
MAST-U	英国	С	Advanced divertor	

Cは対プラズマ特性に優れているが、水素親和性が高く、実際の核融合炉では使えない



静的吸蔵:トラップサイトなどに捕捉され、材料と水素化物を形成するなどして放電後も材料中に保持され続ける. 動的吸蔵:材料中で可動性を持ち、プラズマ消滅後はアウトガスとして壁から真空容器に再放出される.



● 炭素壁の場合、放電終了後吸蔵された燃料粒子はほとんど放出されない(静的吸蔵ドミナント)(左図)
 ● 金属壁では放電終了後、入射粒子数の大半が放出される(動的吸蔵ドミナント)(右図)
 ● 動的吸蔵に伴うプラズマ対向壁からの水素放出はプラズマ密度に影響を及ぼす。

QUEST壁は動的吸蔵が支配的であり、放電による履歴は残らない



- 短時間放電では入射水素分子のほぼ100%が放電後壁から放出され、長時間放電では70%が放出される。
- 次の放電までに入射粒子はほとんど壁から放出されるので、履歴は残らない





動的吸蔵は再堆積層内の水素の挙動が主要因である。

NRA(核反応分析法):試料内で核反応D(3He,p)4Heを起こし、放出されるp(陽子)を測定することでプラズマ照射中の重水素濃度(動的吸蔵)を測定する方法



QUEST据置試料NRA結果(京都大学:高木郁二先生)

NRAの結果から母材内の重水素濃度は表面濃度に比べると非常に低い
 再堆積層から母材への侵入は無視できるほど低いと考えられる

粒子の出入りで吸蔵量は決まる??

グローバル壁モデル

- 再堆積層や入射束には空間分布があるが、空間分布を考慮しないグローバルな壁モデル を導入した。
- ・ 壁への入射束(Γ_{in})と壁からの放出束(Γ_{out})の収支が壁排気速度($\frac{dH_{wall}}{dt}$)になる①。
- ・ Γ_{out} は吸蔵粒子の表面再結合による放出東②であり、表面粒子数は壁吸蔵粒子数に比
 例すると仮定している。放電による履歴がないので放電開始時の吸蔵量は0である。



Wall temperature dependence can be reconstructed by QUEST wall model.



入射束と放電初期の壁排気速度は等しい

HaFB制御:決めたHαレベルになった時に水素を入射し、一定のHαレベルを保って放電を行う。



- Hα線強度を変えると壁吸蔵量の時間発展が変化することが分かる(左図).
- Ηα線強度と放電初期の壁排気速度は比例関係に近いことが分かる(右図).
- 放電初期の壁排気速度が入射束となるモデルと矛盾しない結果となった.

粒子バランスモデルで実験を矛盾無く説明できる



グローバルな入射束と再結合による放出束のバランスで吸蔵量が 決まるというモデルで実験を矛盾無く説明できる。 Present Status of the hot wall. The hot wall is ready to operate.



Hot wall is expected to control H recycling during plasma discharges.





プラズマ定常維持とモデリング





1.2