

QUEST実験システム概要

中村一男、長谷川真、佐藤浩之助、
関子秀樹、花田和明、坂本瑞樹、出射浩、
川崎昌二、中島寿年、東島亜紀

九州大学応用力学研究所
高温プラズマ力学研究センター

QUEST装置建設の立場から紹介

- 1. はじめに
- 2. QUEST周辺装置
- 3. QUEST装置建設
- 4. おわりに

1. はじめに

- 背景、趣旨
- プラズマ境界力学実験装置QUEST
- QUESTの特徴
 - 何が変わるか？
 - 何を变える必要があるか？
- QUESTスケジュール

九州大学 高温プラズマ力学研究センターにおける決断

(平成16年7月13日、核融合科学研究所 拡大双方向型共同研究委員会)

『今後の我が国の核融合研究の在り方について(報告)』

(科学技術・学術審議会 学術分科会 基本問題特別委員会 核融合研究WG:平成15年1月8日)

に基づき、

- (1) TRIAM-1M による研究計画の終了
- (2) 新装置“プラズマ境界力学実験装置”による研究計画の提案
“長時間球状トカマク研究 (QUEST)” *

を決意。

* (1) 球状トカマクの長時間 / 定常維持制御
EBW, NBI, LHCD (low density), etc.

(2) 長時間維持球状トカマクプラズマの PWI
[Plasma-Wall Interaction]

能動壁温制御、ダイバータ制御、能動粒子制御
超長時間(電流拡散時間程度ではなく、プラズマ壁相互作用
が顕著となる領域)での現象解明、理解、制御

(3) トロイダルプラズマの機構探究・総合的理解
with LHD (in Steady State Plasmas)

九大におけるプロジェクトの概要

双方向型共同研究における 九大応力研の分担課題の継続性

Advanced Fusion Research Center

TRIAM-1Mによるプロジェクト：
一昨年度12月に実験終了。
使命を終える

(1) 長時間放電におけるプラズマ・壁相互作用 (PWI)

5時間放電、動的静的吸蔵、共堆積、ホットスポットとダスト問題、等々

(2) 電流駆動の機構解明 (ITER関連)

LHCD, ECCD によるプラズマ電流駆動

(3) 高性能プラズマの長時間維持

High Ion Temperature (HIT) Mode
Enhanced Current Drive (ECD) Mode

次期計画：プラズマ境界力学実験装置

“長時間球状トカマク研究 : QUEST”

提案・建設が開始される(H17-19)

(1) 球状トカマクの長時間 / 定常維持制御

EBW, NBI, LHCD (low density), etc.

(2) 長時間維持球状トカマクプラズマの PWI
[Plasma-Wall Interaction]

能動壁温制御、ダイバータ制御、能動粒子制御

超長時間(電流拡散時間程度ではなく、プラズマ壁相互作用

が顕著となる領域)での現象解明、理解、制御)

(3) トロイダルプラズマの機構究明・総合的理解

with LHD (in Steady State Plasmas)

QUEST研究計画

値20%を定常に維持するための要素研究

- 第1期目標

20kA程度のプラズマ電流を定常維持

- 第2期目標(定常運転)

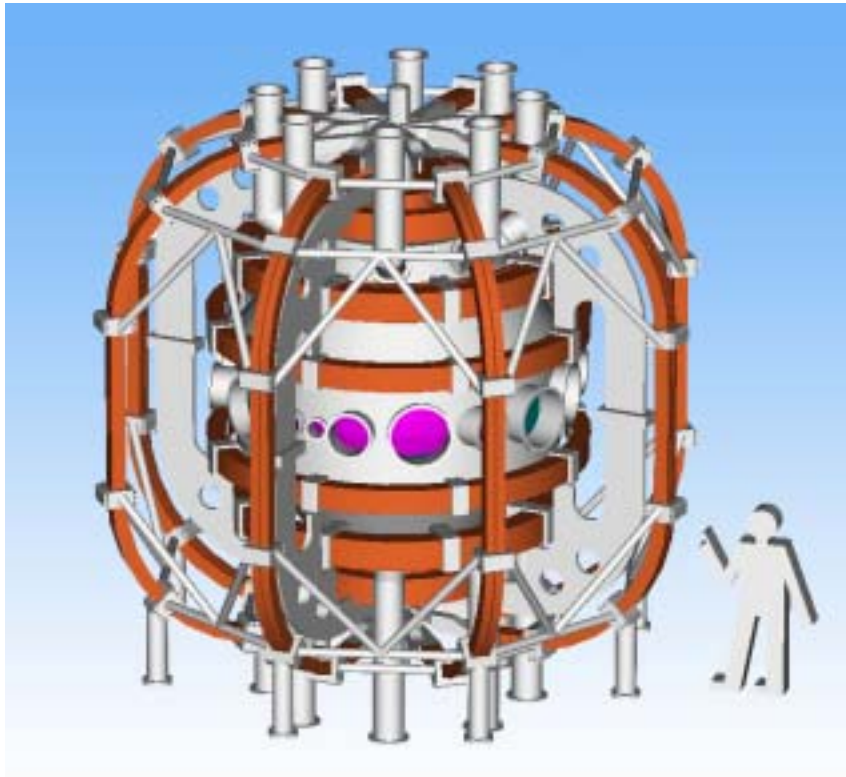
100kA、 $0.4 \times 10^{19} \text{m}^{-3}$ を定常に維持

- 第2期目標(パルス運転)

300kA、 $3 \times 10^{19} \text{m}^{-3}$ 、 値10%以上を1秒

プラズマ境界力学実験装置 QUEST

(Q-shu University Experiment with Steady-State Spherical Tokamak)



真空容器： 直径 ~3 m
TFC外側脚：直径 ~5 m (ripple < 0.1 %)
赤道面： FL ~3.5 m

Main parameters of QUEST

- Plasma major radius: 0.68 m
- Plasma minor radius: 0.40 m
- Aspect ratio: 1.70
- Toroidal field: 0.25 T
@ R = 0.6 m
- Operation cycle: 5 min
- Plasma current: 20kA(I),
100kA(II Steady),
300kA(II Pulse)
- PFC: W (>300)

The number of TF coils is 8
so that existing heating and
diagnostics can be utilized.

Next Project: "QUEST"

Summary of the Device Parameters

Advanced Fusion Research Center,
RIAM, Kyushu University

Period	1st	2nd (CW)	2nd (Pulsed)	Final
Major R (m)	0.68			0.64
Minor a (m)	0.40			0.36
Aspect Ratio	1.70			1.78
Radius of V.V.(m)	1.4			
Height of V.V.(m)	2.8			
B_T (T)	0.25	0.25	0.5	0.25
I_p (MA)	~ 0.02	0.1	0.3	0.5
P_{in} (MW)	0.45	1	3	3
κ	1.6	1.6	1.6	2.5
δ	0.4	0.4	0.4	0.7

QUESTの特徴

- 球状トカマク
 - 弱磁場のためTFC水冷でよいが、電源が必要
- 定常
 - 受変電設備、冷却水設備、磁場コイル電源、加熱電源
- 閉ダイバータ
 - PFCがプラズマから遠くなるので、安定化ライナーが必要
 - 真空排気系の増設が必要
- 高温壁
 - 温度制御(300~500)、渦電流
- 条件
 - 既設インフラを活用：受変電設備、冷却水設備、磁場コイル電源、加熱電源、計測機器
 - 大学で実験する：自動化、共同利用、ネットワーク

QUESTスケジュール

	1986~	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	~2014
TRIAM-1M		5h 16min		Shut down						
CPD			Construc tion	Experiment						
QUEST				Construction			Experiment I		Experiment II	

Superconducting tokamak TRIAM-1M finished its operation of 20 years.

Spherical tokamak QUEST is under construction to develop the systematic study on PWI in long duration discharges on TRIAM-1M.

2 . QUEST周辺装置

- 増強の概要
- 受変電設備
- 冷却水設備
- 建屋
- 計装空気
- 接地

増強の概要

	TRIAM-1M	QUEST	
Power system	3MVA+4MVA(MG)	2MVA +3MVA+4MVA(MG) +4MVA	Cooling, pumping TF, PF, Heating Heating
Power supply	PF +TF(SC)	PF+BI +TF(NC)	Closed divertor
Heating system	RF	RF +RF+NBI	Exp. II
Cooling system	2.3MW(MG, LH) 2.5MW(PFC, VV, LHe) 1.0MW(EC)	2.3MW(MG, EC) 2.5MW(TFC, PFC) 1.0MW(TF) +MW(PFC, EC)	
Pumping system	TMP(VV) +DP(Cryostat)	TMP(VV) +TMP(VV) +CRYO(VV)	2,000L/s @3,300L/s @10,000L/s x 7

Large electric power system is necessary for steady state operation.

受変電設備

- 既設
 - 3000 kVA: 定常機器 定常TF電源
 - 4000 kVA: PF電源、加熱機器
- 増設
 - 2000 kVA: 定常機器
 - 4000 kVA: 加熱機器
- 契約電力
 - 契約方法
 - 30分デマンド
- 制御系
 - バッテリーにてバックアップ

筑紫地区

高温プラズマ
実験棟(トリアム
実験棟)

電源棟

トリアム実験
用受変電設備

6.6 kV

デマンド監視

JR大野城駅

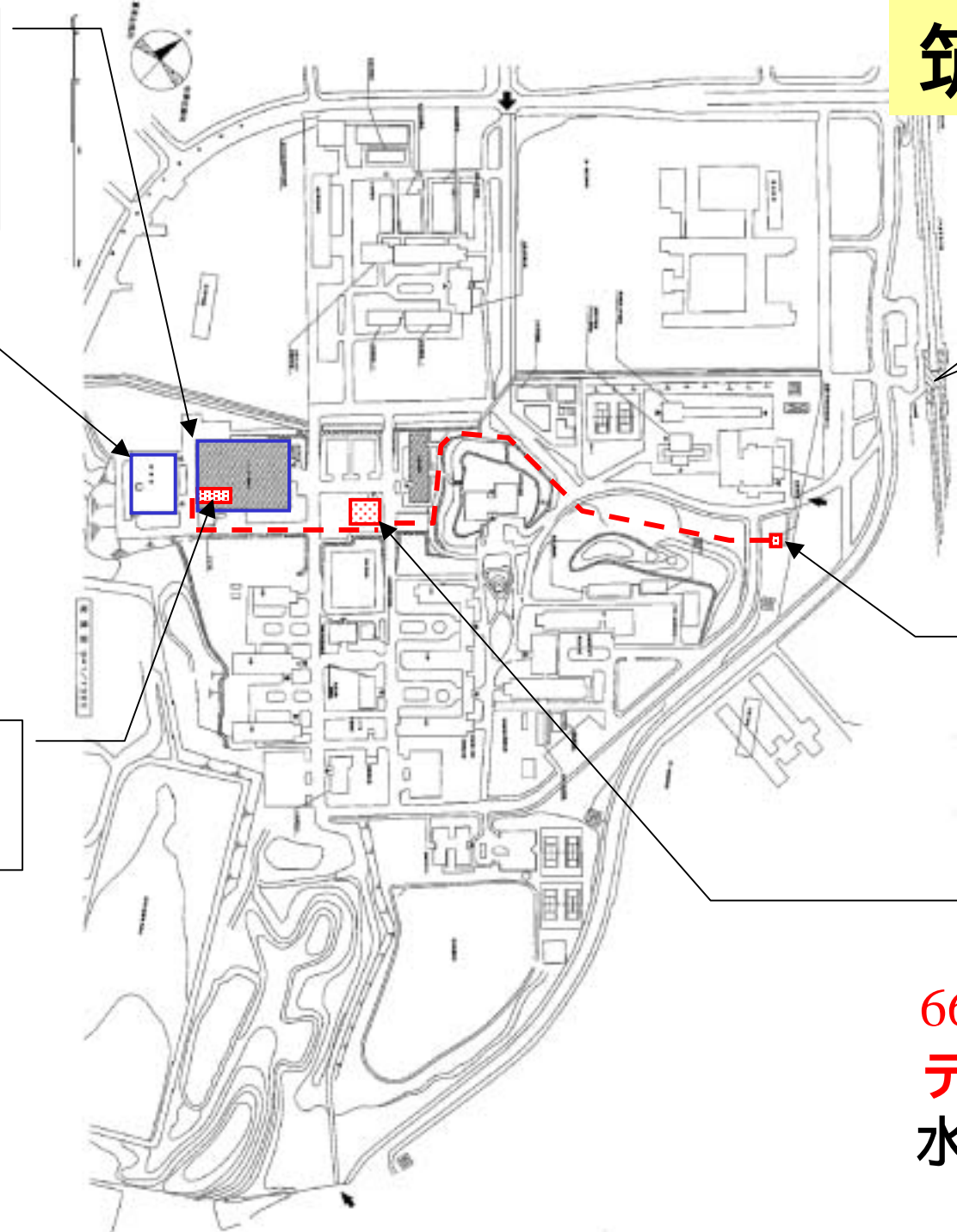
受電所

66 kV

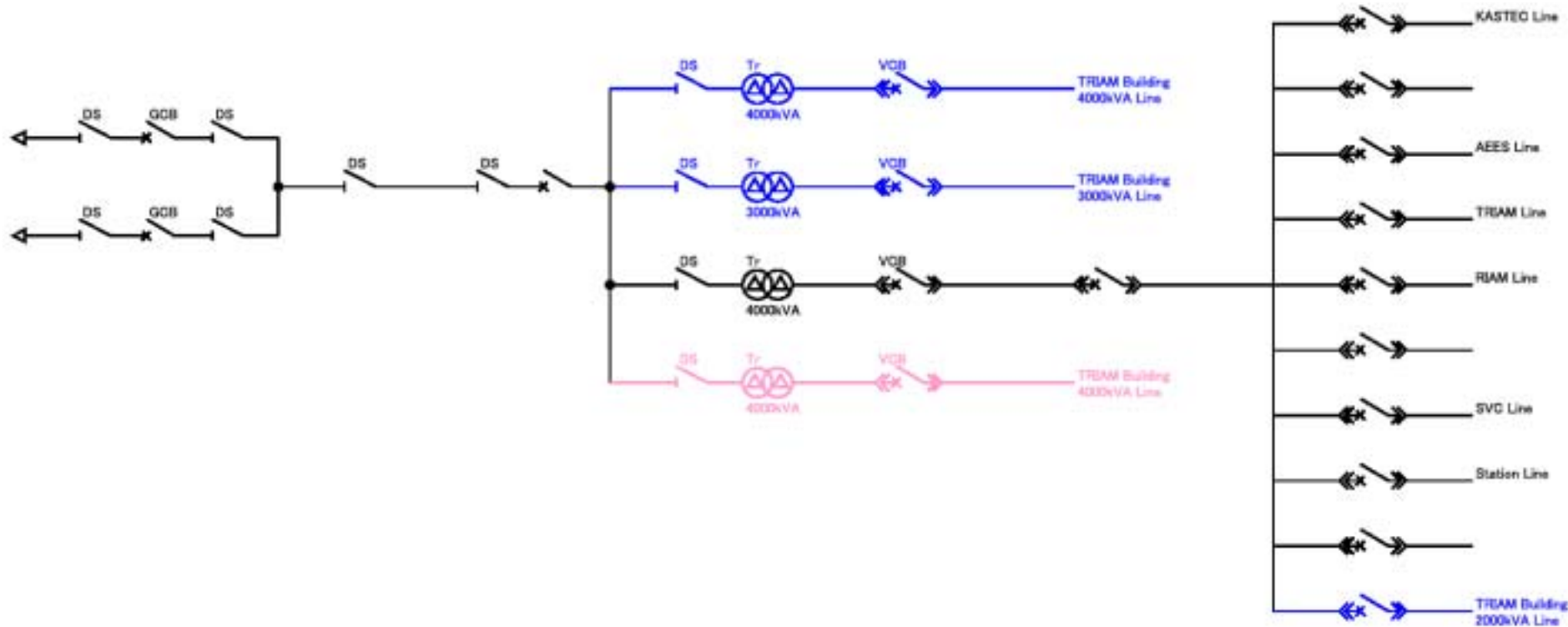
変電所

66 kV/6.6 kV

デマンド監視
水報、火報等



筑紫地区の受変電設備



Large electric power is necessary for steady state operation.

Display for 30min demand is shared in Control Room through Internet.

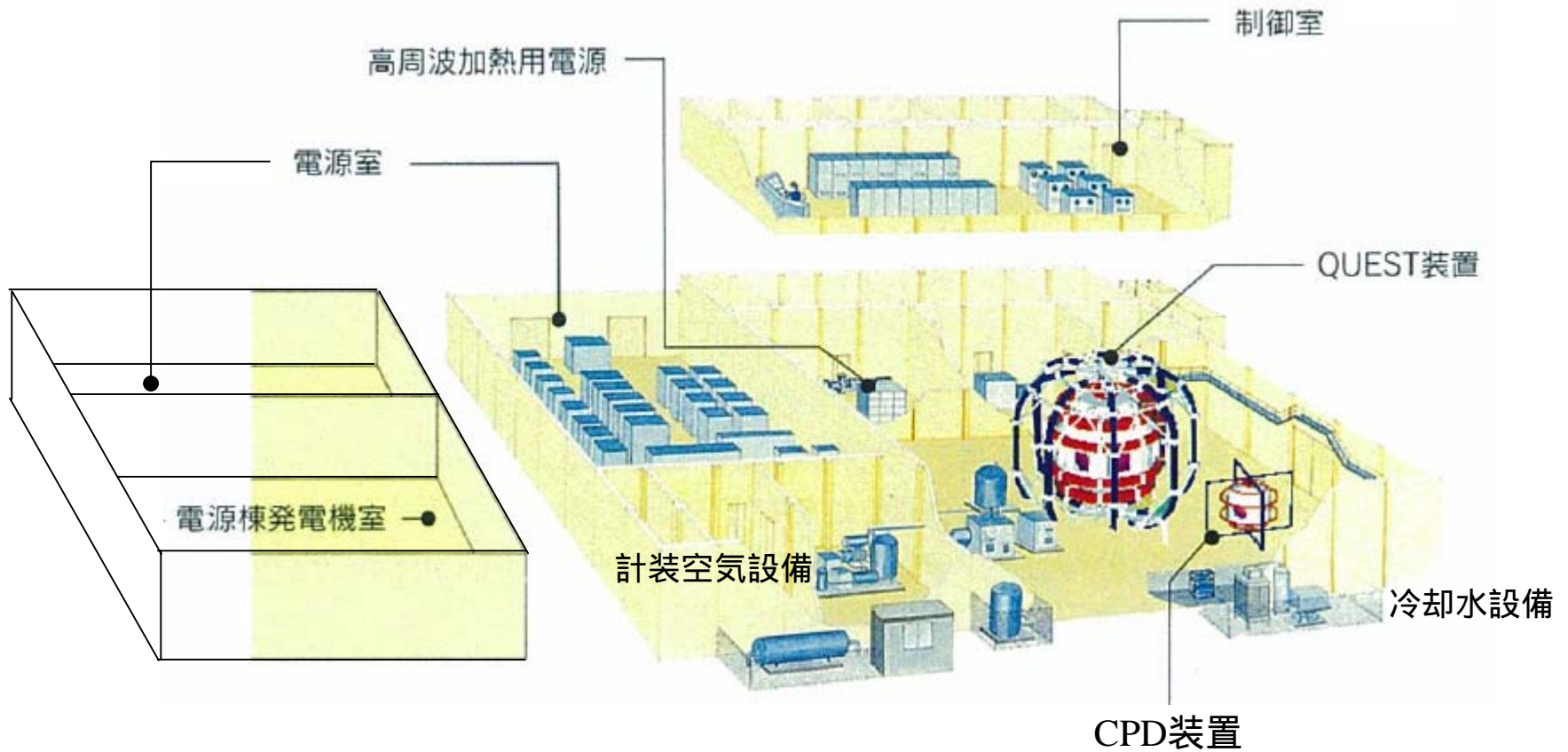
冷却水設備

- 筑紫地区
 - 断水のお知らせ
 - 実験水は高架水槽: 警報
- 冷却水
 - MG冷却水: 貯水タンク
 - トライアム冷却水: TFコイル、PFコイル
 - LH冷却水: EBW
 - ECH冷却水: TF電源
 - PF冷却水: PFコイル、EBW
- 高温壁
 - 真空容器: 150 、ヒーター加熱、自然冷却
 - 第1壁: 300 ~ 500 、ヒーター加熱、窒素ガス冷却

建屋

- X線遮蔽を兼ねている
 - 建屋への出入口が混んでいる
- 扉閉のインターロックを設けている
- 人が入っていないことを確認している
- 本体室内外のX線を測定している
- 制御室へ情報を集約している
 - 制御室への出入口が混んでいる
- 電源室などにはハロン消火設備を設けている
- 変電室へ情報を集約している

建屋



電源棟

高温プラズマ実験棟(トリアム実験棟)

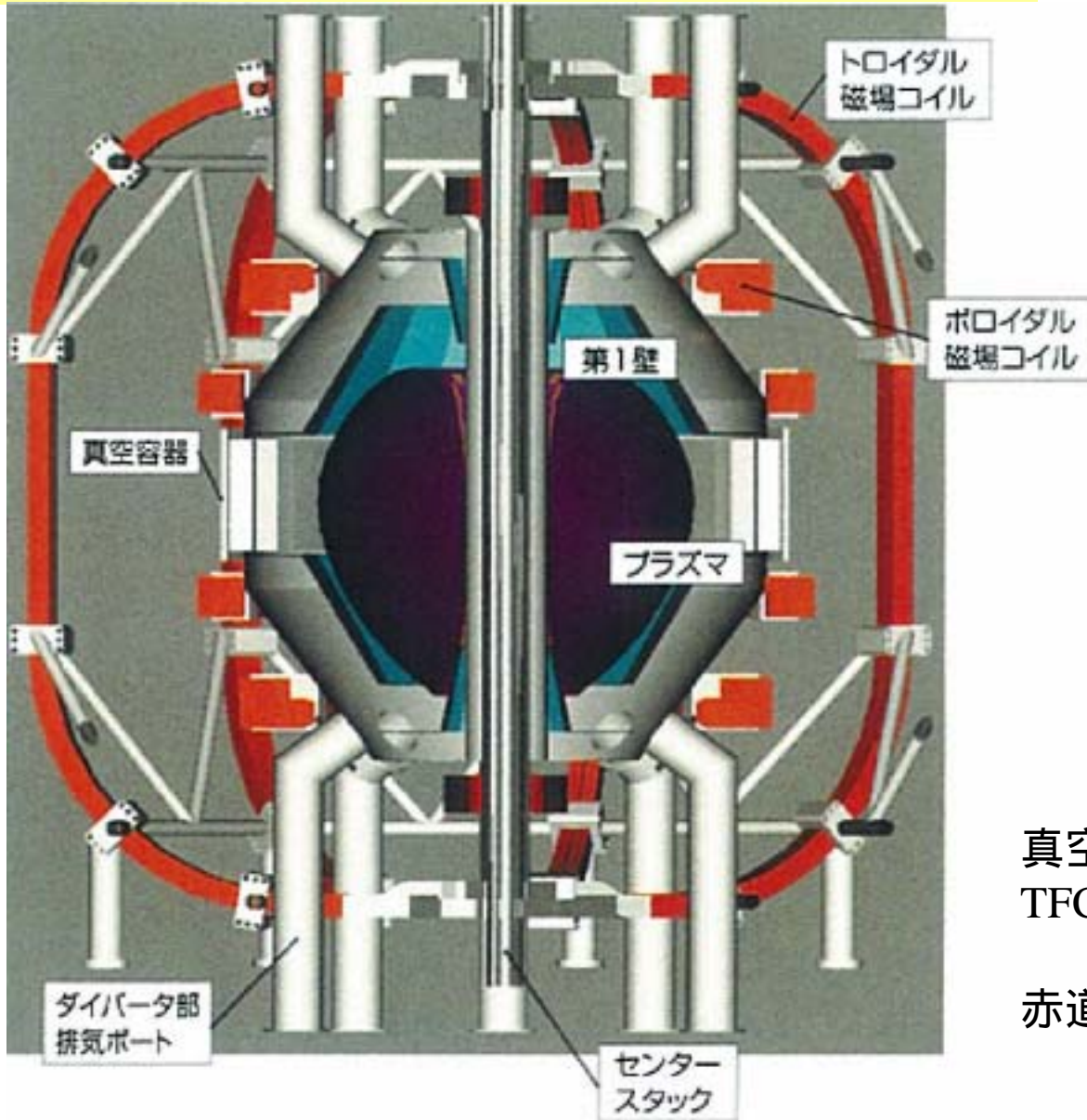
計装空気

- 目的:バルブの遠隔操作、インターロック動作
- 条件:24時間運転が必要
- 構成:ベビコン、アフタークーラー、脱湿装置
- バックアップが必要
 - 冷却水停止時のバックアップ:空冷式にて
 - 停電時のバックアップ:窒素ガスボンベにて

接地

- 身体の安全確保と計測の信頼性向上
- 系統ごとに区別する
 - 真空容器
 - 磁場コイル
 - コンデンサ電源、サイリスタ電源、高周波電源
 - 計測機器
- 1点接地とする
- 絶縁抵抗測定時には切離すが、測定後は**接続確認**をする

QUEST装置



真空容器： 直径 ~3 m
TFC外側脚： 直径 ~5 m
(ripple < 0.1 %)
赤道面： FL ~3.5 m

3 . QUEST装置建設

- ベース架台 : TFC, PFC, VVは独立、アクセス、中間架台
- 計装空気 : バルブ位置、ソレノイドコイル位置
- 冷却水 : 定常のため分岐が多い、インターロック位置、センサー種類
- TFC : 外側脚、フィーダー
- PFC : メガネサポート、タップ切替、フィーダー切替
- 真空容器 : 真空排気、ベーキング、計測ポート
- センタースタック : TFC、センターソレノイド
- 内蔵物 : 高温壁、加熱、冷却、計測

Vacuum Pumping, Feeder Tower

冷却水

Feeder Tower

TMP 2300 I/s

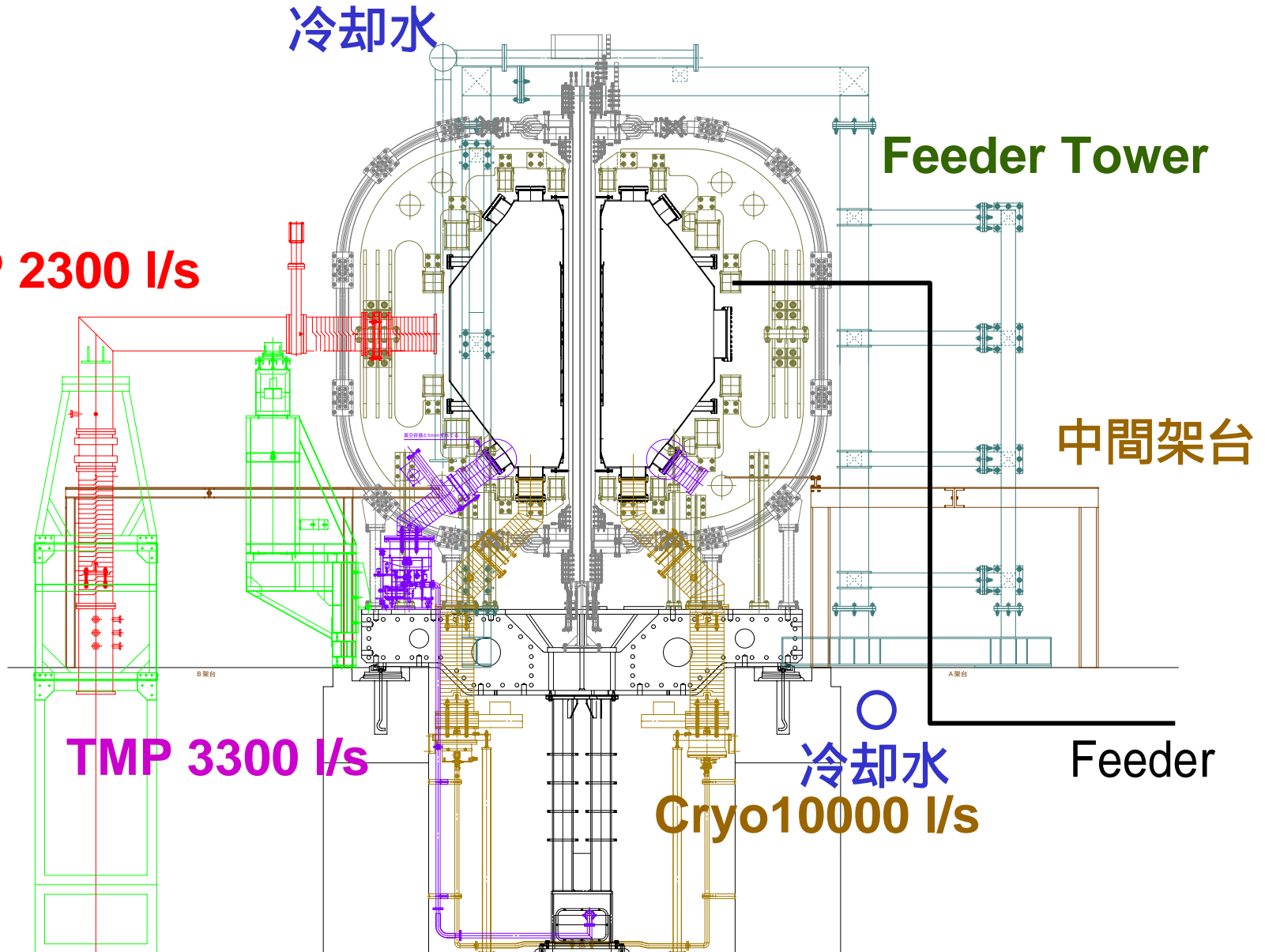
中間架台

TMP 3300 I/s

冷却水

Feeder

Cryo10000 I/s



制御

- 中央制御
 - タイミングシステム、シーケンス制御
 - 同期パルス **FPGA**にてクロックを統一
 - UPSにてバックアップ
- 電動発電機
 - 制御系をUPSにてバックアップ
- Xポイント、ストライクポイントの**独立制御**
 - 磁場コイル**電源**が必要
- 磁場コイル電源：**アナログレス制御**
- プラズマ制御：**ライナー**による安定化、**渦電流**、**CCS法**、**実時間表示**

加熱、冷却

- 高温壁

- 真空容器: 150 、ヒーター加熱、自然冷却
- 第1壁: 300 ~ 500 、ヒーター加熱、窒素ガス冷却
- ライナー: トロイダル絶縁、伝導度の温度依存性、渦電流測定

- 冷却水

- パラレル センサー多い、絶縁、電磁誘導、スペース、信号線、リアルタイム

- TFC冷却

- CS, PFCの設置後に分割TFCをフレキで接続するため、冷却が複雑

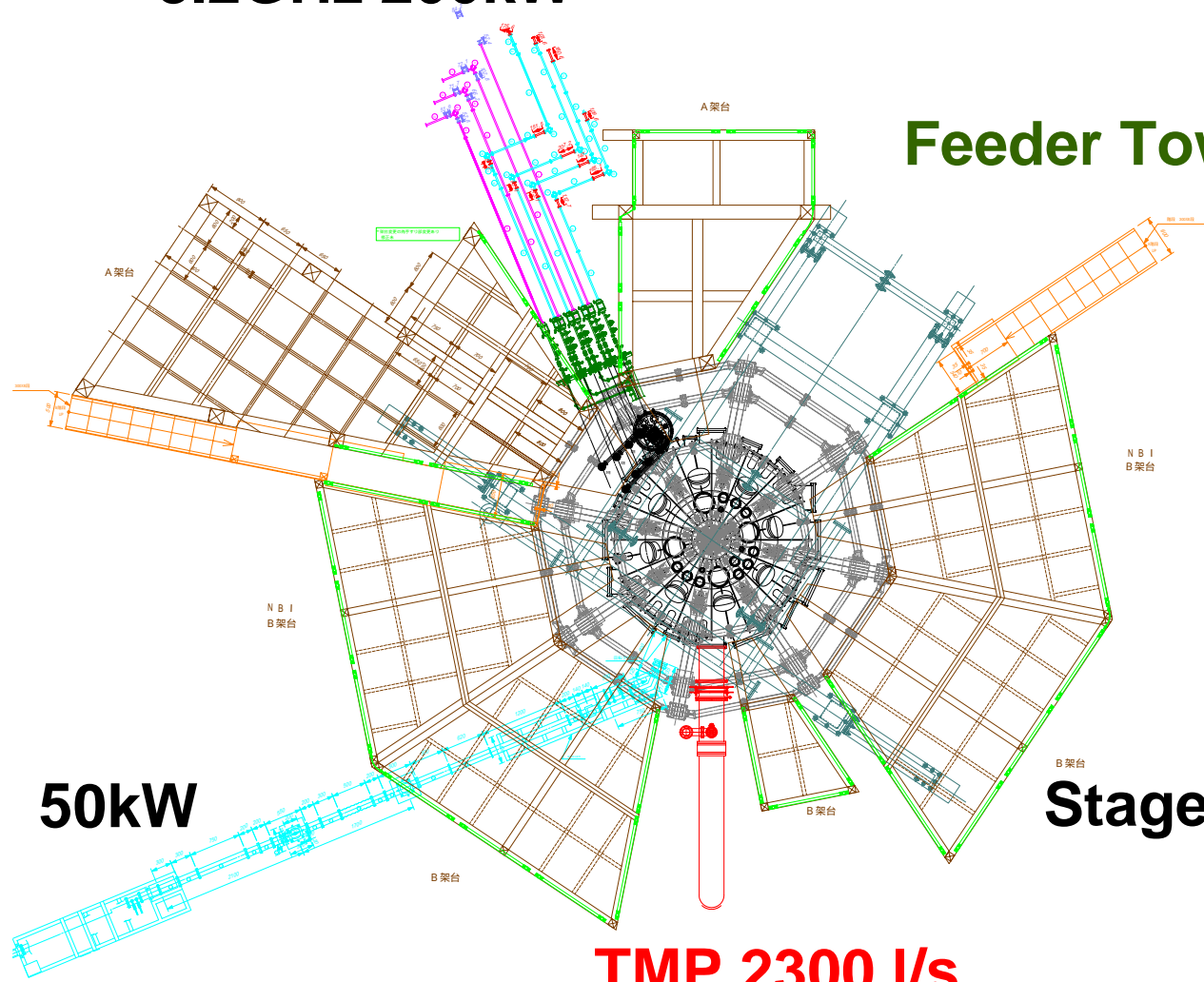
真空排気系

- 超高真空：流用
- ガス導入系：流用
- 閉ダイバータ：真空排気系の増設が必要
- **TMP**：粗引き系は流用
- **クライオ**：粗引き系は流用

Top View of "QUEST"

8.2GHz 200kW

Feeder Tower



2.45GHz 50kW

Stage

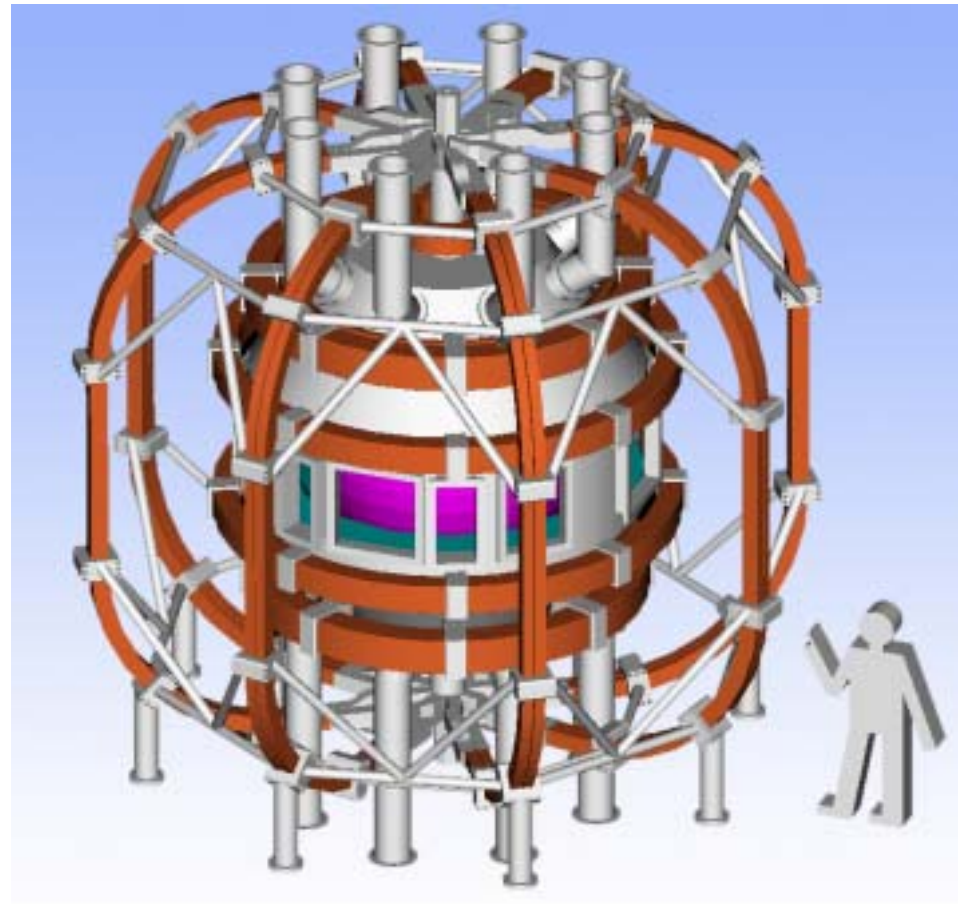
TMP 2300 I/s

本体装置建設の状況

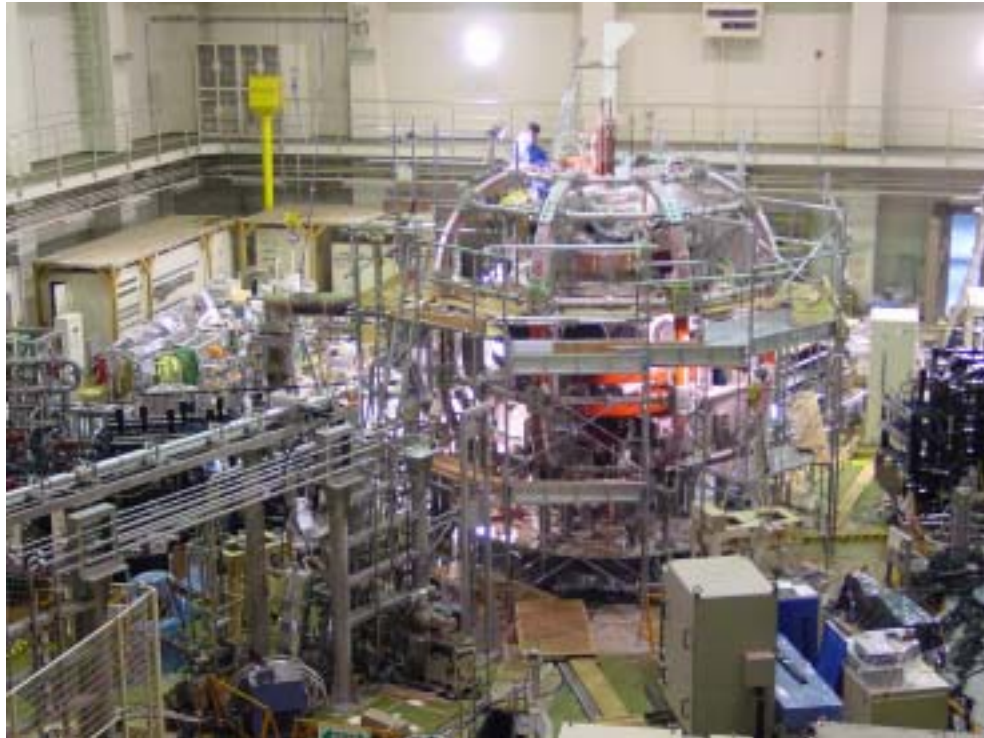
平成17年度製作済み
TF リターンコイル
PF 1、2コイル

平成18年度製作中
真空容器(ポートを除く)
センタースタック容器
センタースタック

平成19年度製作(進行中)
真空容器ポート
サポート
真空内蔵物
全体組み立て



4. おわりに

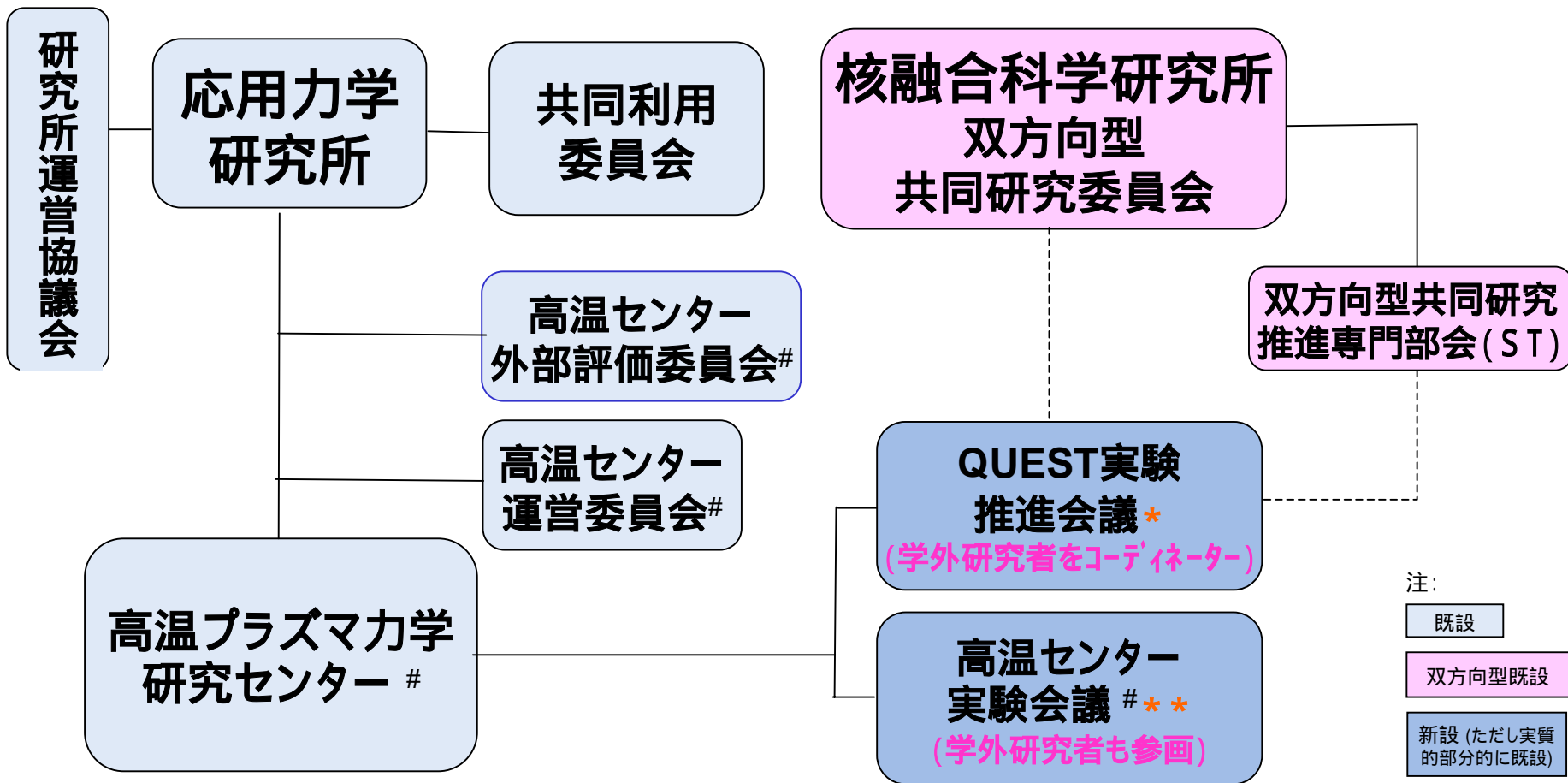


08年2月20日撮影

- QUEST装置建設
- QUEST周辺装置
- スケジュール
 - 2008年 6月頃:ファーストプラズマ
 - 2008年 9月頃:実験開始
- 共同研究
 - 双方向型共同研究
 - 応力研共同研究
 - ネットワーク

九大双方向型共同研究推進組織図

(九大 応力研 高温プラズマ力学研究センター# : [平成19年度より])



注:

- 既設
- 双方向型既設
- 新設 (ただし実質的部分的に既設)

* 高瀬(東大、コーディネーター)、安藤(東北大)、大野(名大)、岸本、前川(京大)、長山(NIFS)、廣岡(NIFS)、御手洗(九州東海大)、朝倉(JAEA)、佐藤、関子、花田、中村、吉田、坂本、出射 - - - [06.10 構築～:年3 - 4回]

** 高瀬(東大)、岸本、前川(京大)、御手洗(九州東海大)、佐藤、関子、花田、中村、吉田、坂本、出射、徳永、長谷川、+
- - - [06.4～:毎月1回]