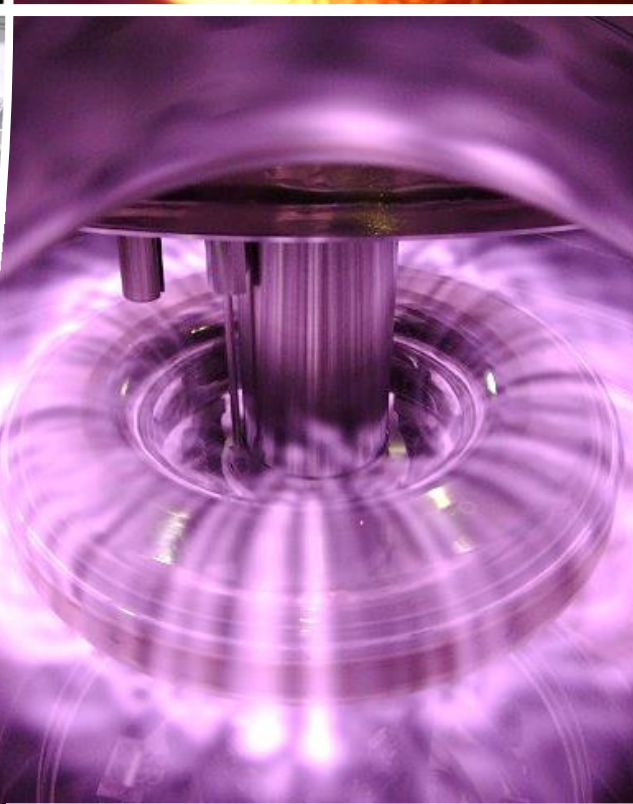
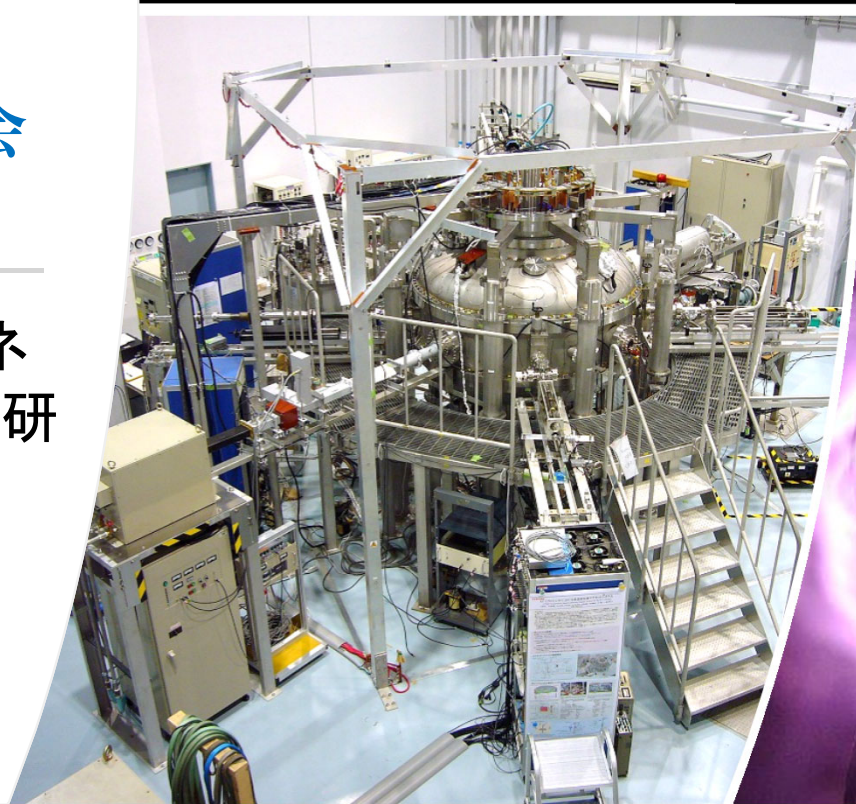


バーチャル見学会 RT-1

東大・新領域・先端工ネ
梶田研, 西浦研, 斎藤研



RT-1@東京大学柏キャンパス



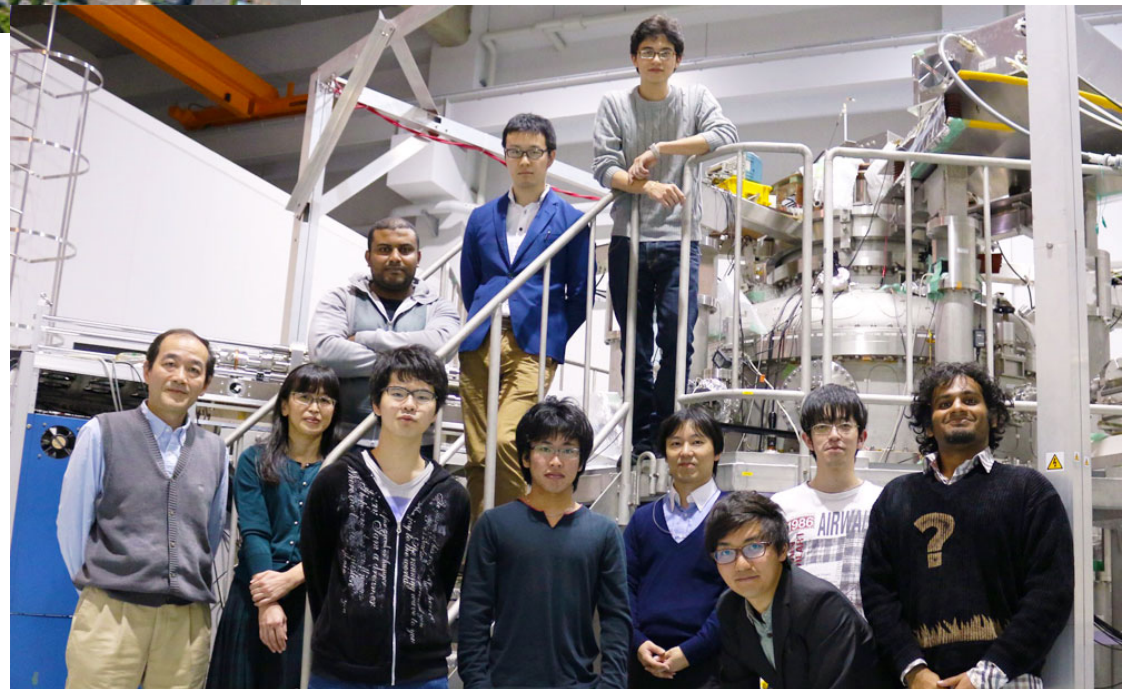
新領域 基盤科学実験棟



- 東京大学柏キャンパス
(千葉県柏市柏の葉)
- 新領域 実験棟
(TST-2, UTSTと同じ建物)

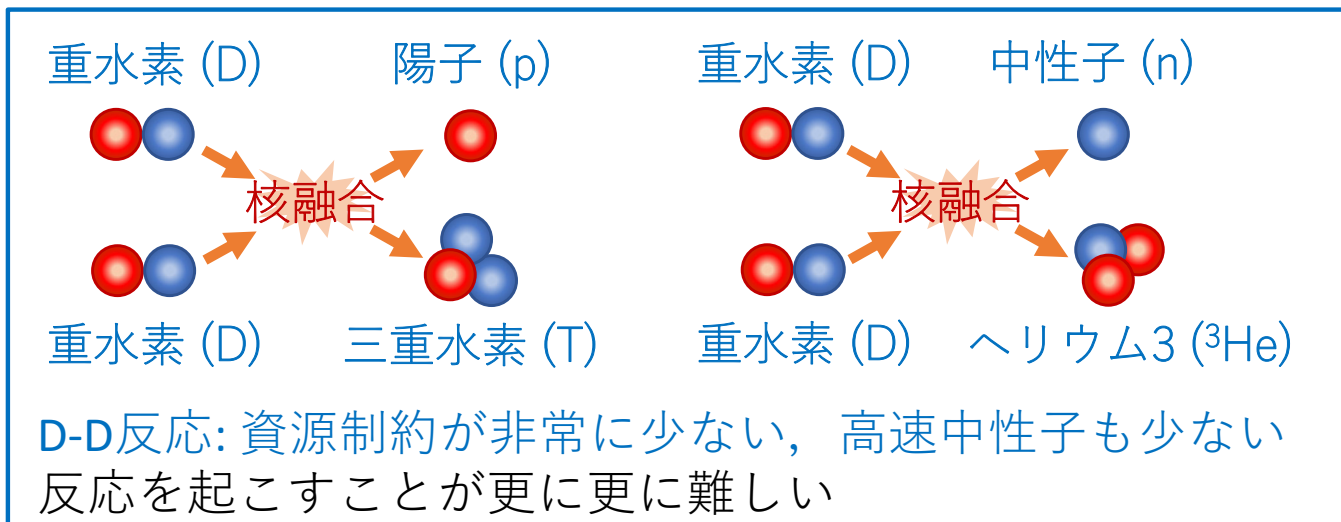
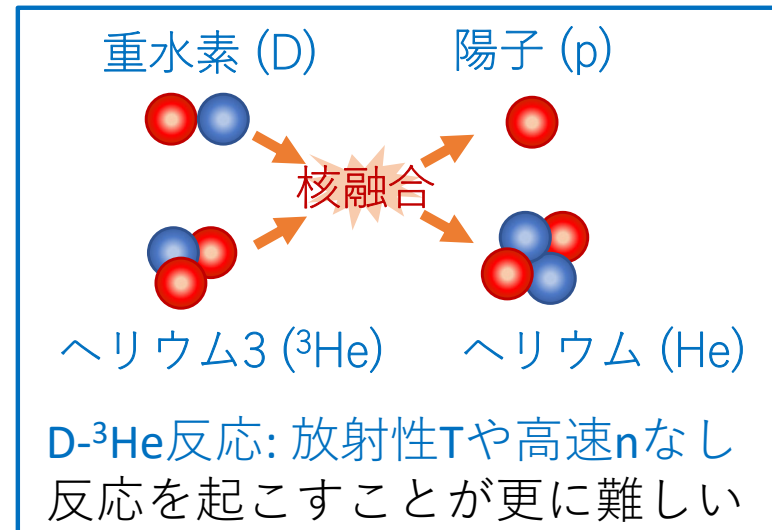
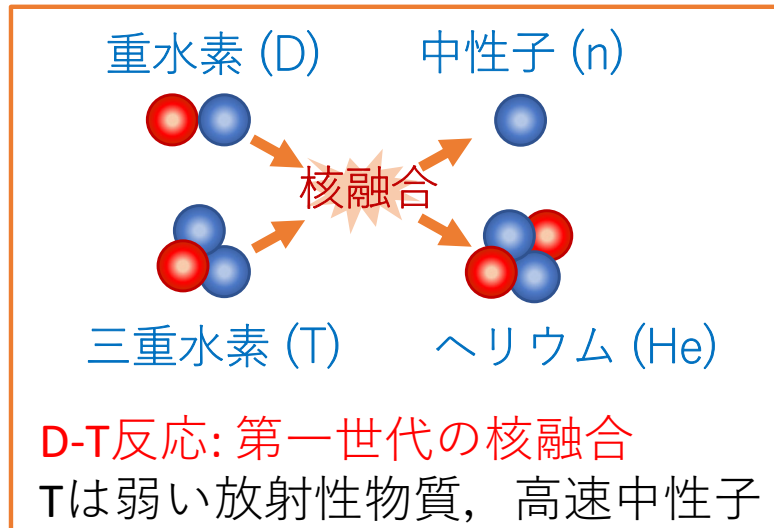
- 東大・新領域・先端エネ
梶田研, 西浦研, 斎藤研

材料相互作用, 計測など幅広い
プラズマ研究を実施しています



RT-1の研究背景: 「先進核融合」とは？

- 第一世代の核融合より更に環境負荷や資源制約の少ない核融合

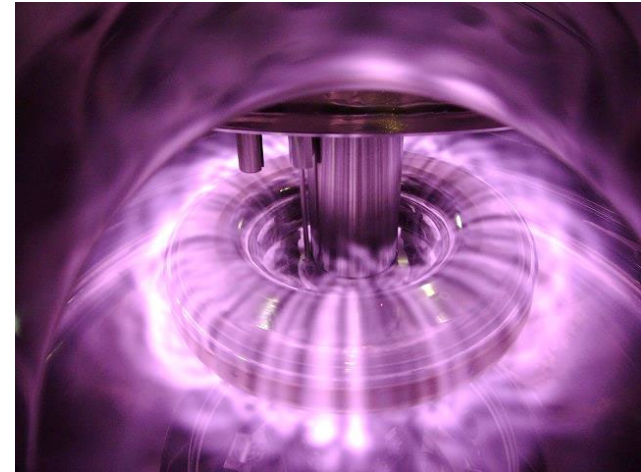
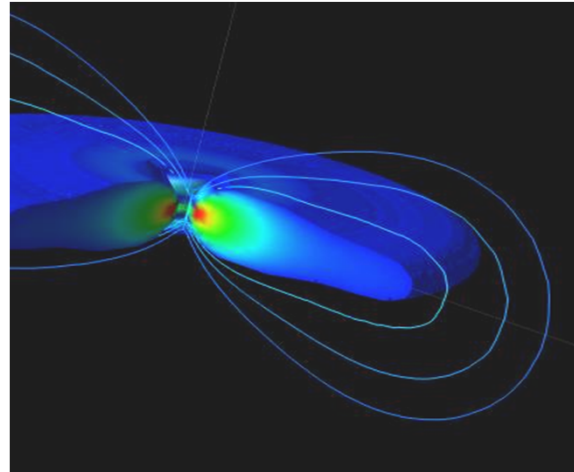


ヘリウム3は月面, 重水素は海水中に豊富に存在する

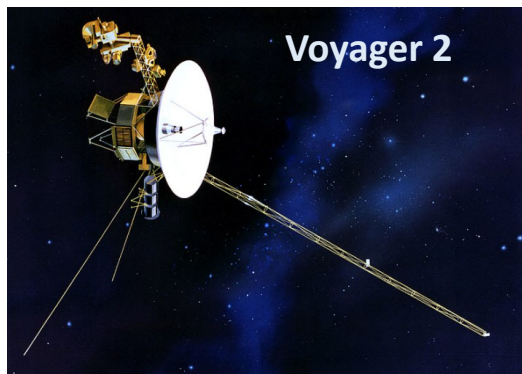
先進核融合の実現には非常に性能の良いプラズマが必要とされる

RT-1による高性能プラズマの基礎研究

- 天体現象をヒントに先進核融合や反物質閉じ込めを目指します



惑星周辺の磁気圏には、非常に「性能の良い」プラズマが発見されている
(指標によっては、既存のプラズマ実験では実現が難しいプラズマ)



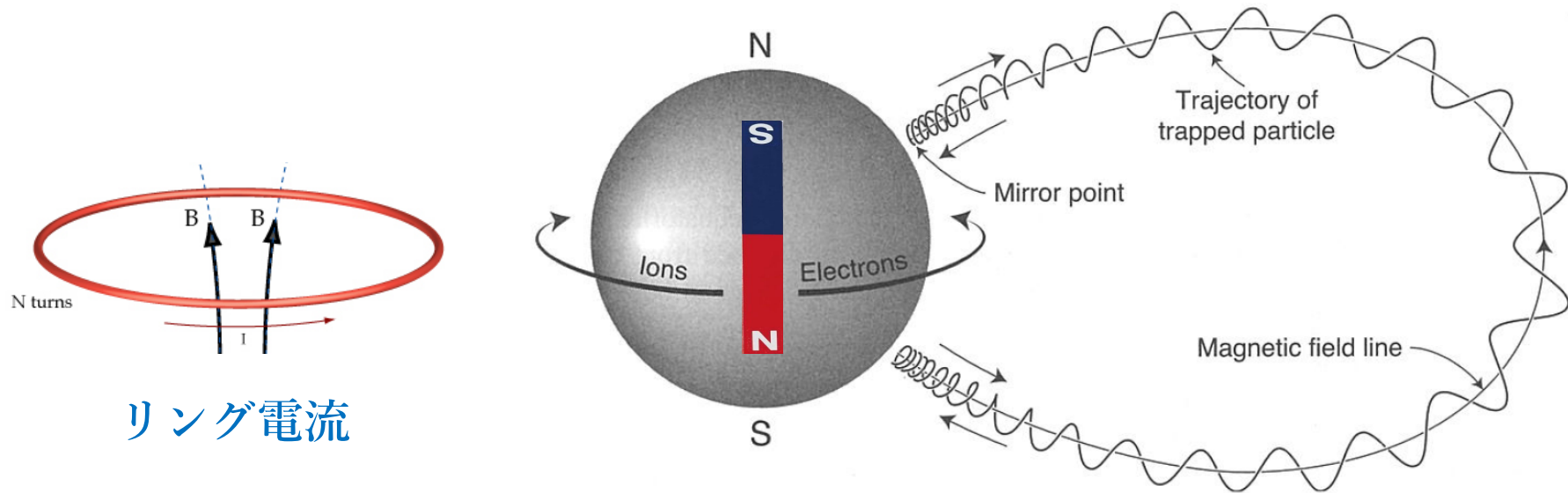
実験室に磁気圏を作ることができれば. . .

惑星磁気圏の閉じ込め機構を理解して、
先進核融合や**プラズマ性能向上**の可能性を探る

「反物質」を安定に閉じ込め、これまで
作られたことのない**反物質プラズマ**実現の可能性

「惑星磁気圏型」プラズマ閉じ込め方式

- 地球（を含む多くの惑星）は大きな磁石（=リング電流による）

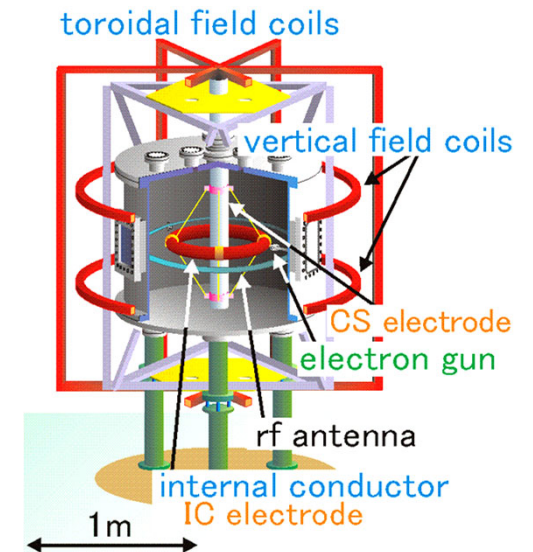


リング電流

- リング電流は実験室でも作ることができる

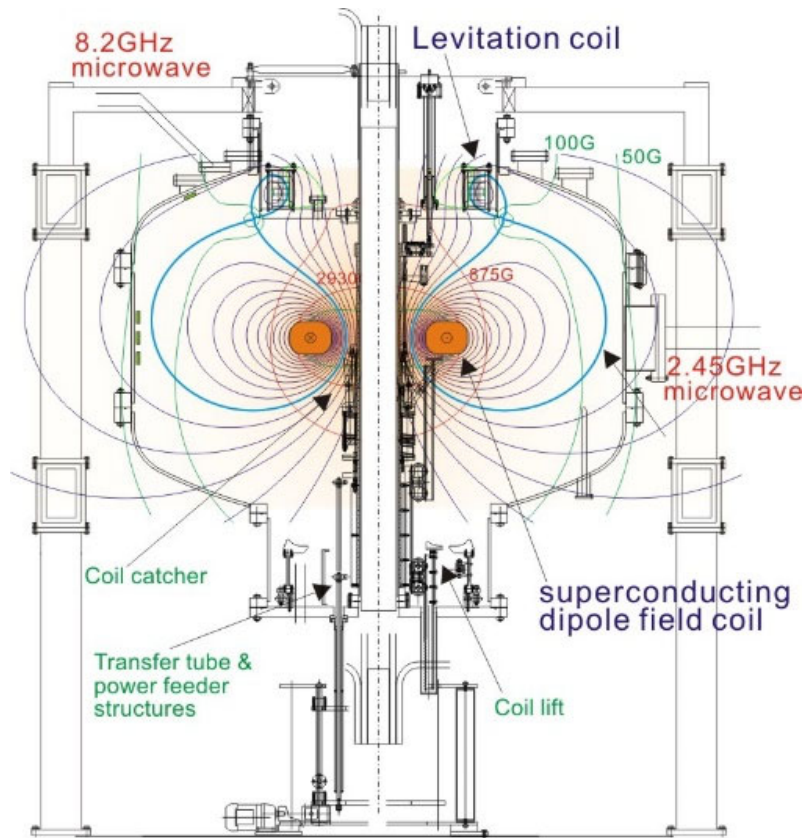
しかし、宇宙空間に浮かぶ「惑星磁気圏」を
実験室に再現することは難しい

電流コイルを機械的に支えると（従来装置，右図）
閉じ込めが悪く，プラズマ性能が上がらない

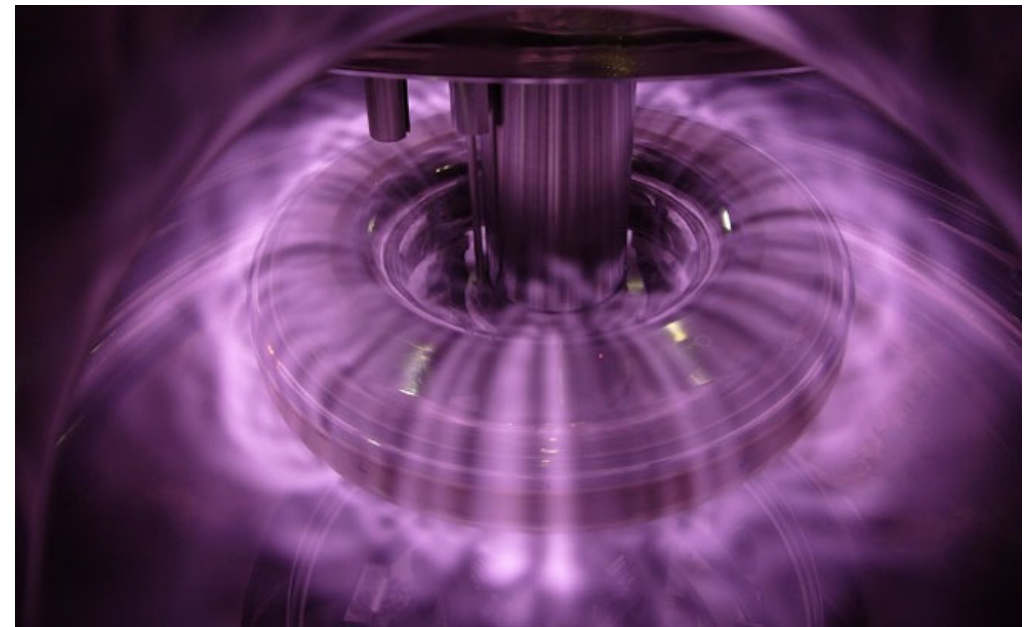


磁気浮上超伝導コイルによる解決: RT-1

- 超伝導とは、低温で電気抵抗がゼロになる現象
- 超伝導コイルを磁気浮上させ、「人工磁気圏」を作り出す



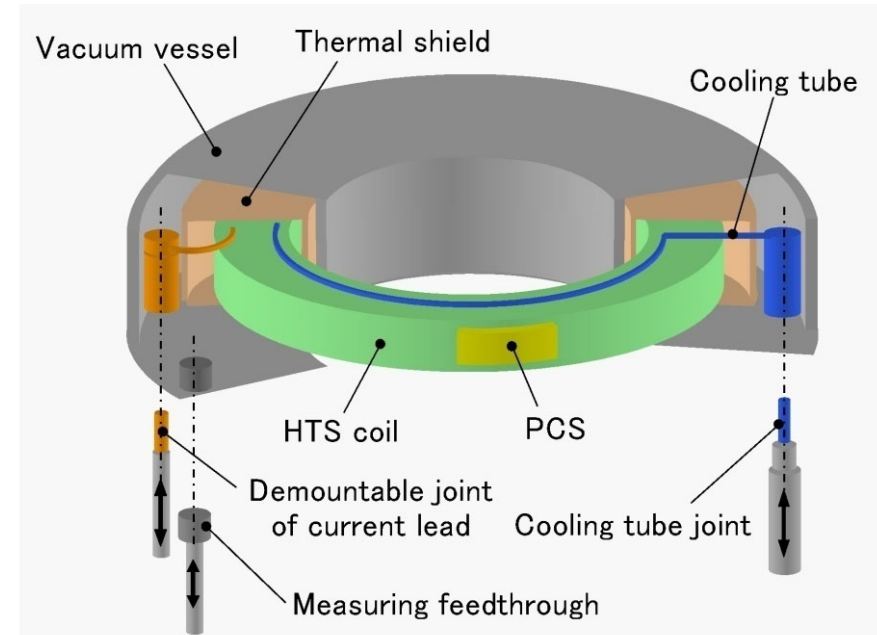
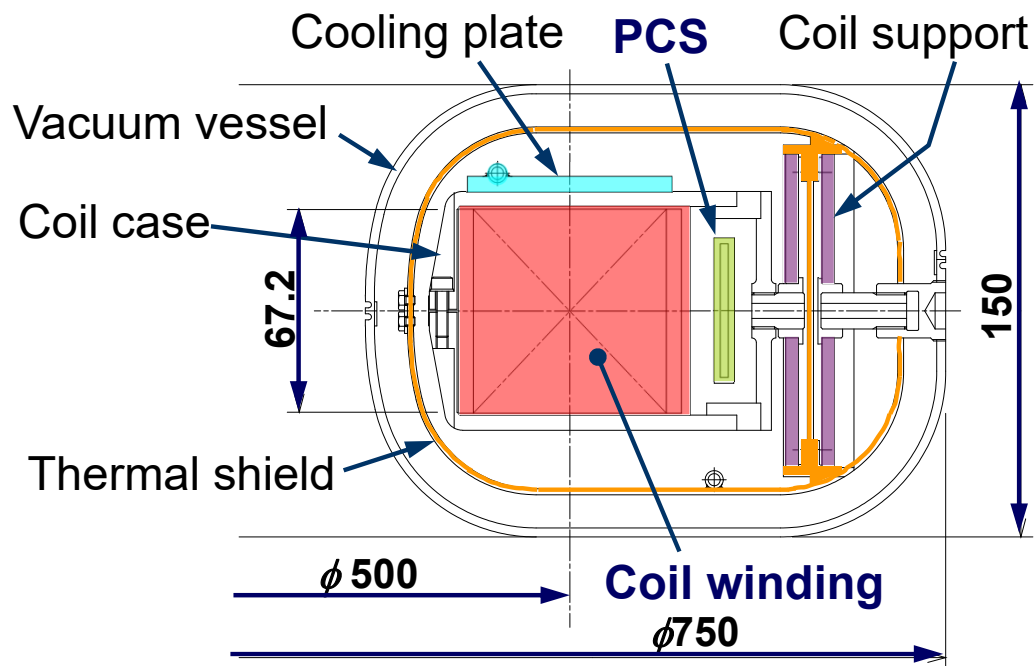
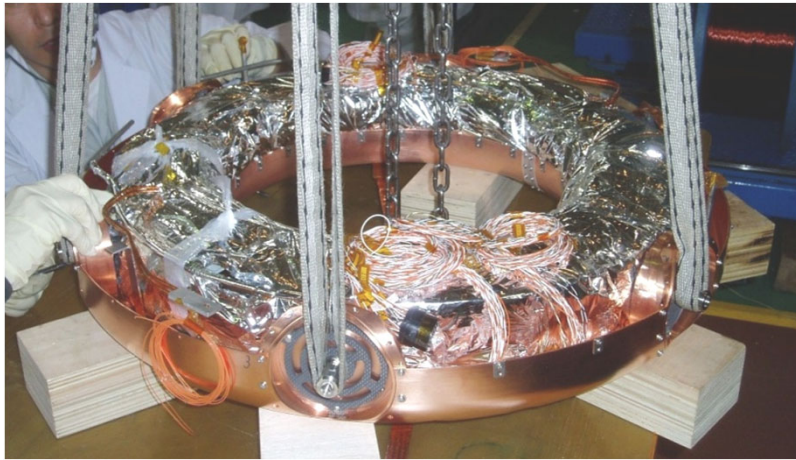
真空容器の上に別のコイルを利用して
電流同士の引き合う力で浮上させる



不安定なコイル運動（落下か飛び上がり）
を、位置センサを使いフィードバック制御

⇒ コイル浮上によるプラズマ性能の向上

超伝導コイルの内部



Main Parameters of the Floating HTS Coil

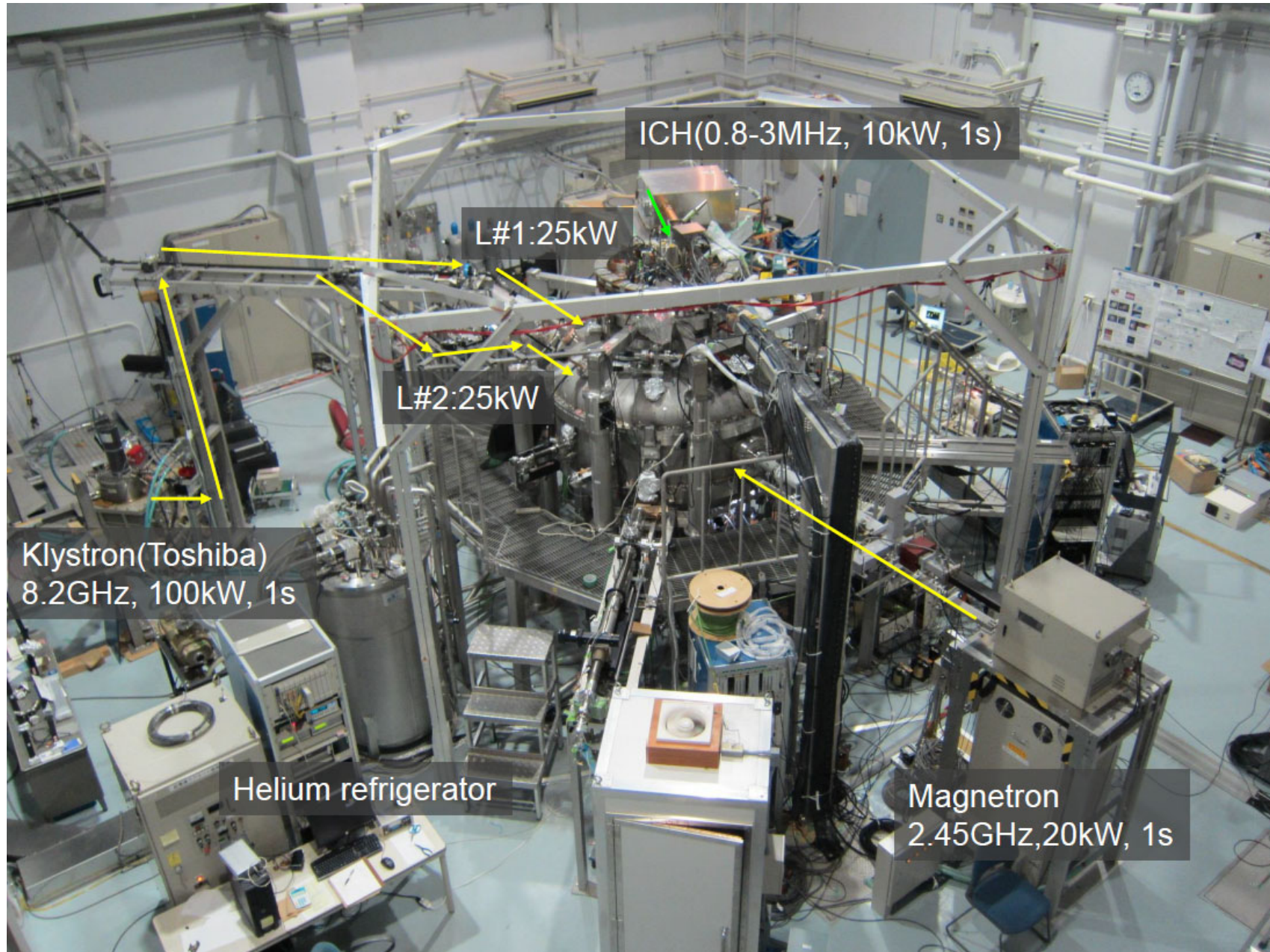
Winding method	Single pancake
Stack number of pancakes	12
Dimension Major diameter	$\phi 500$ mm
Height	67.2 mm
Operating temperature	20~30 K
Magnetomotive force	250 kA
Operating current	115.6 A
Inductance	3.3 H
Stored energy	22 kJ

- Bi-2223高温超伝導線材 (PCSはYBCO) を使用した, 重量約120kgのdipole磁場コイル.
- GM冷凍機による冷却, 励磁後, 制御磁気浮上を行い, 8時間の無冷却運転が可能.

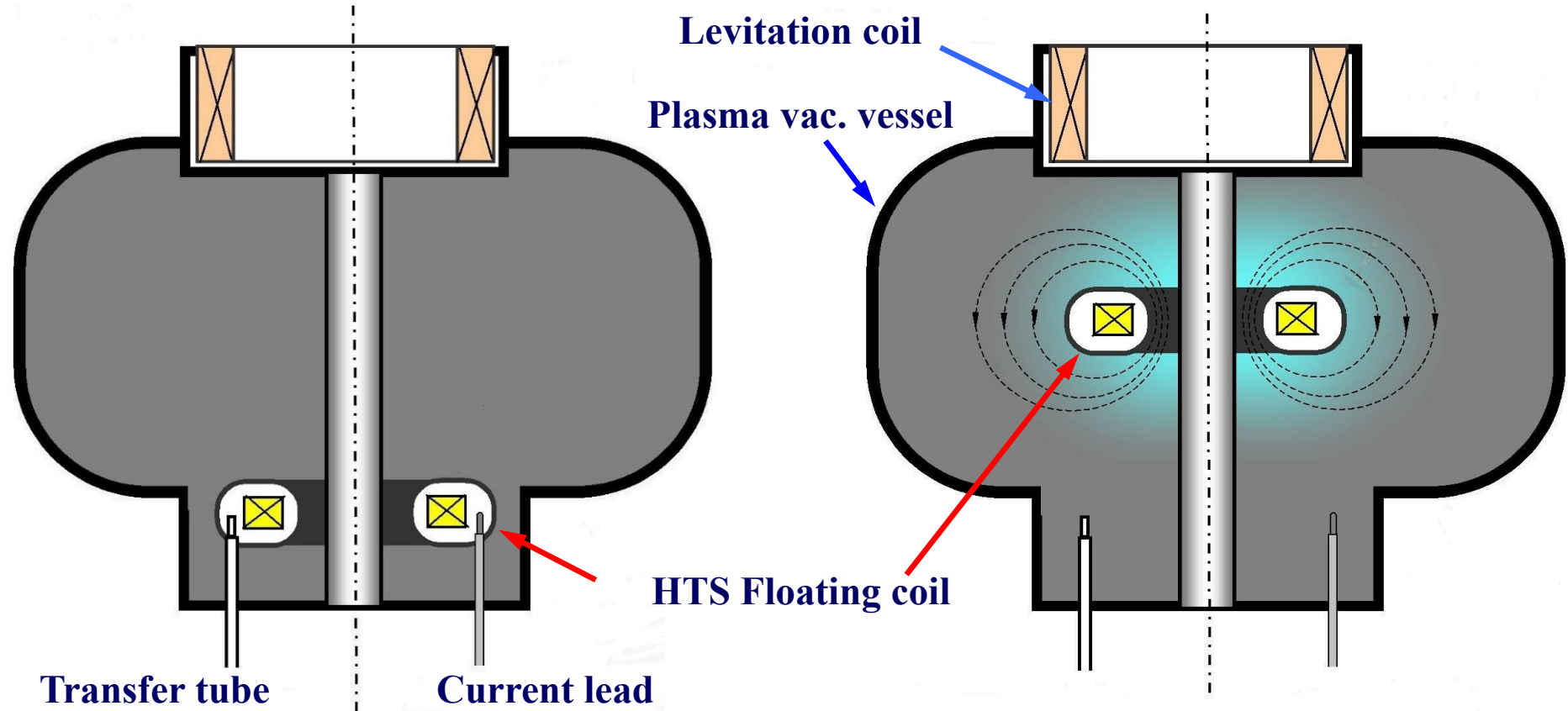
RT-1装置の外観

8/17

M. Nishiura



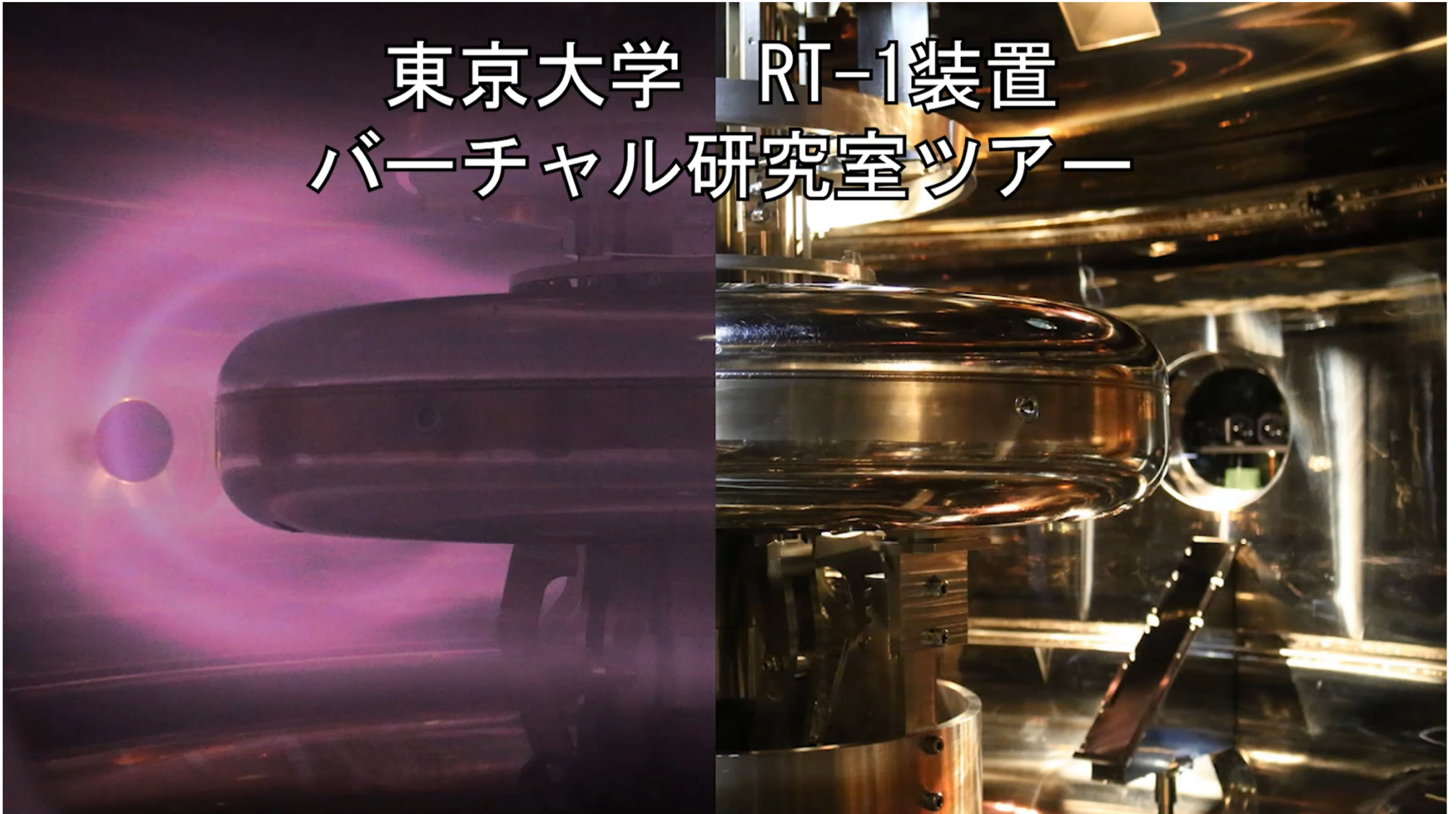
RT-1の装置運転の概念図



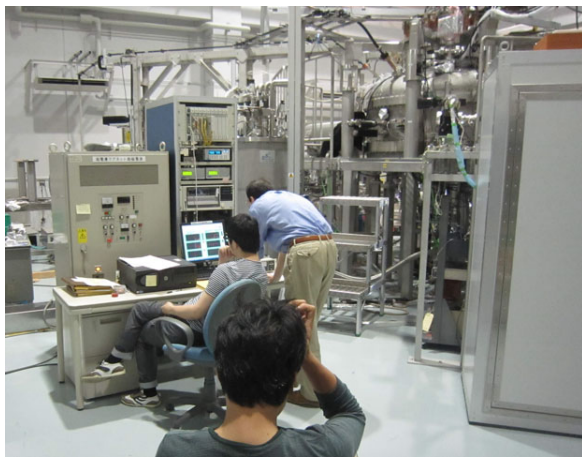
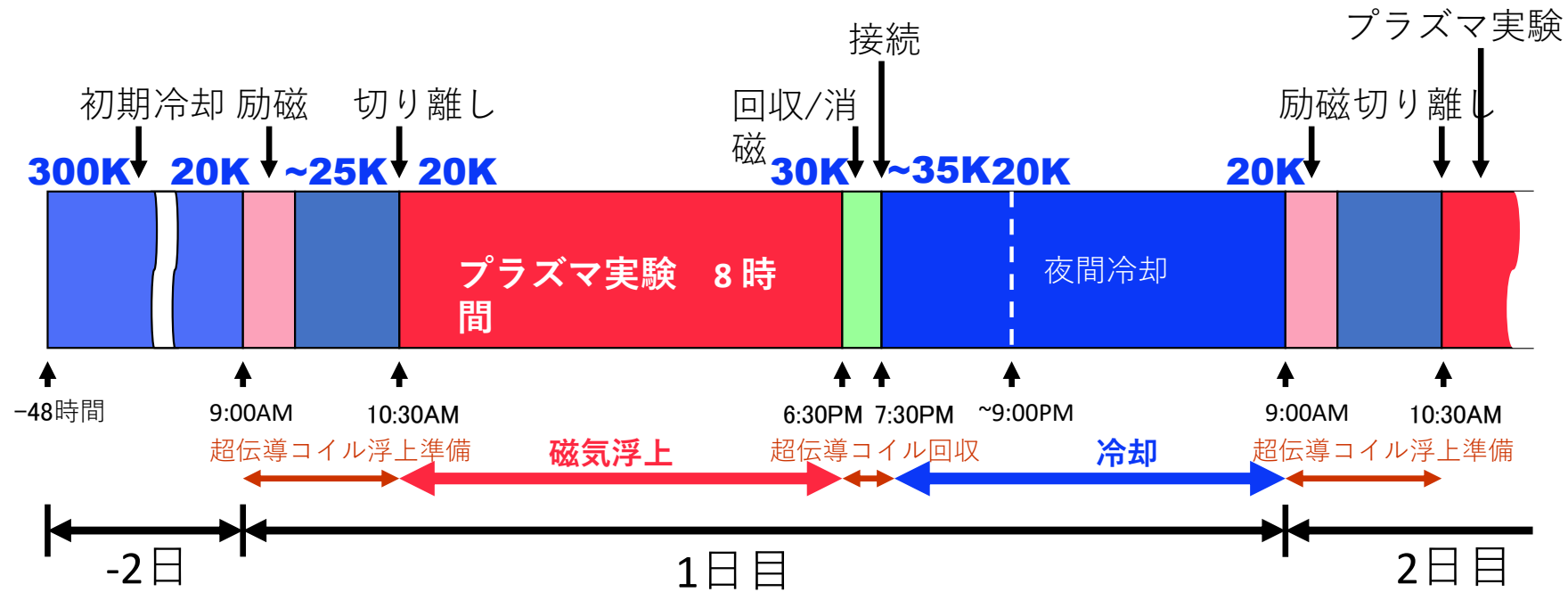
装置下部で超伝導コイルを20Kまで冷却（ヘリウムガス循環）後、116Aの永久電流を励起してマグネット化

超伝導コイルを実験位置で浮上させ、コイルが暖まる（30Kが上限）前に6時間程度のプラズマ実験が可能

東京大学 RT-1装置
バーチャル研究室ツアー



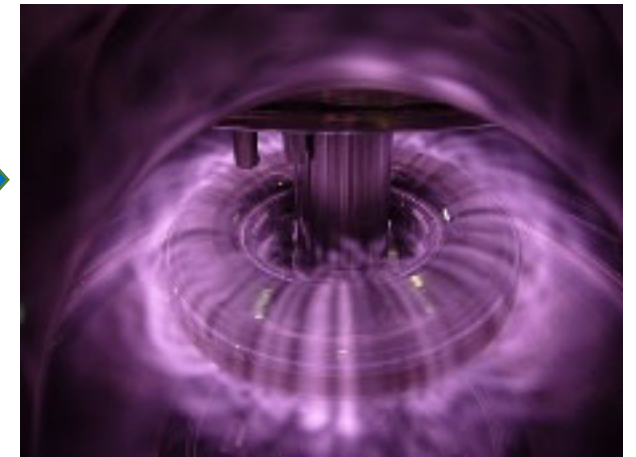
実験の運転スケジュール



コイル冷却/再冷却/昇温

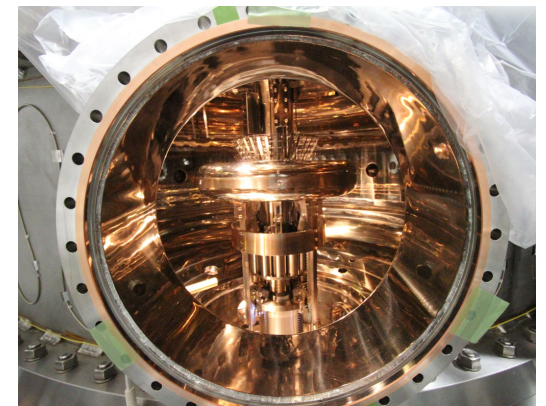
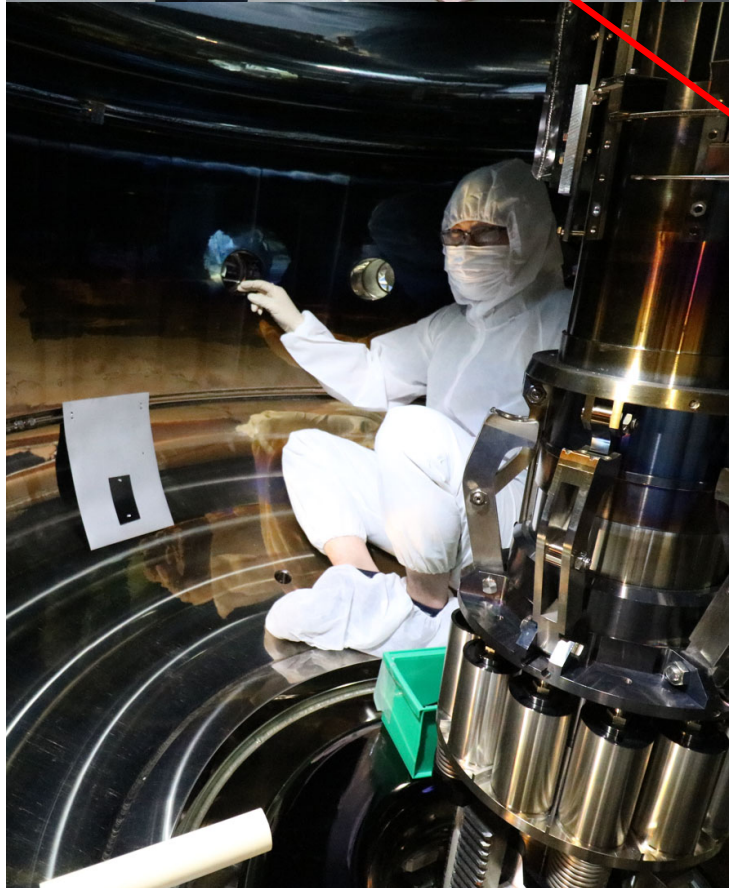
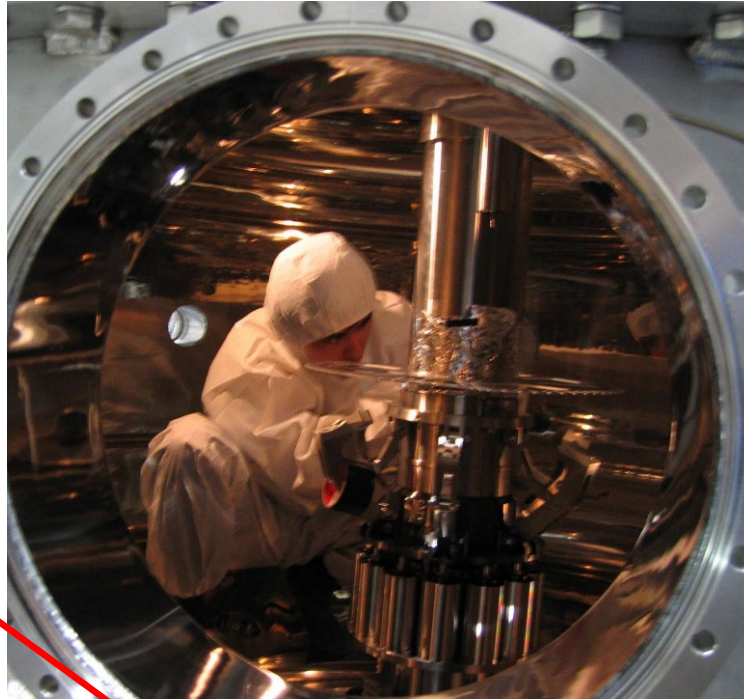


コイル切り離し/回収



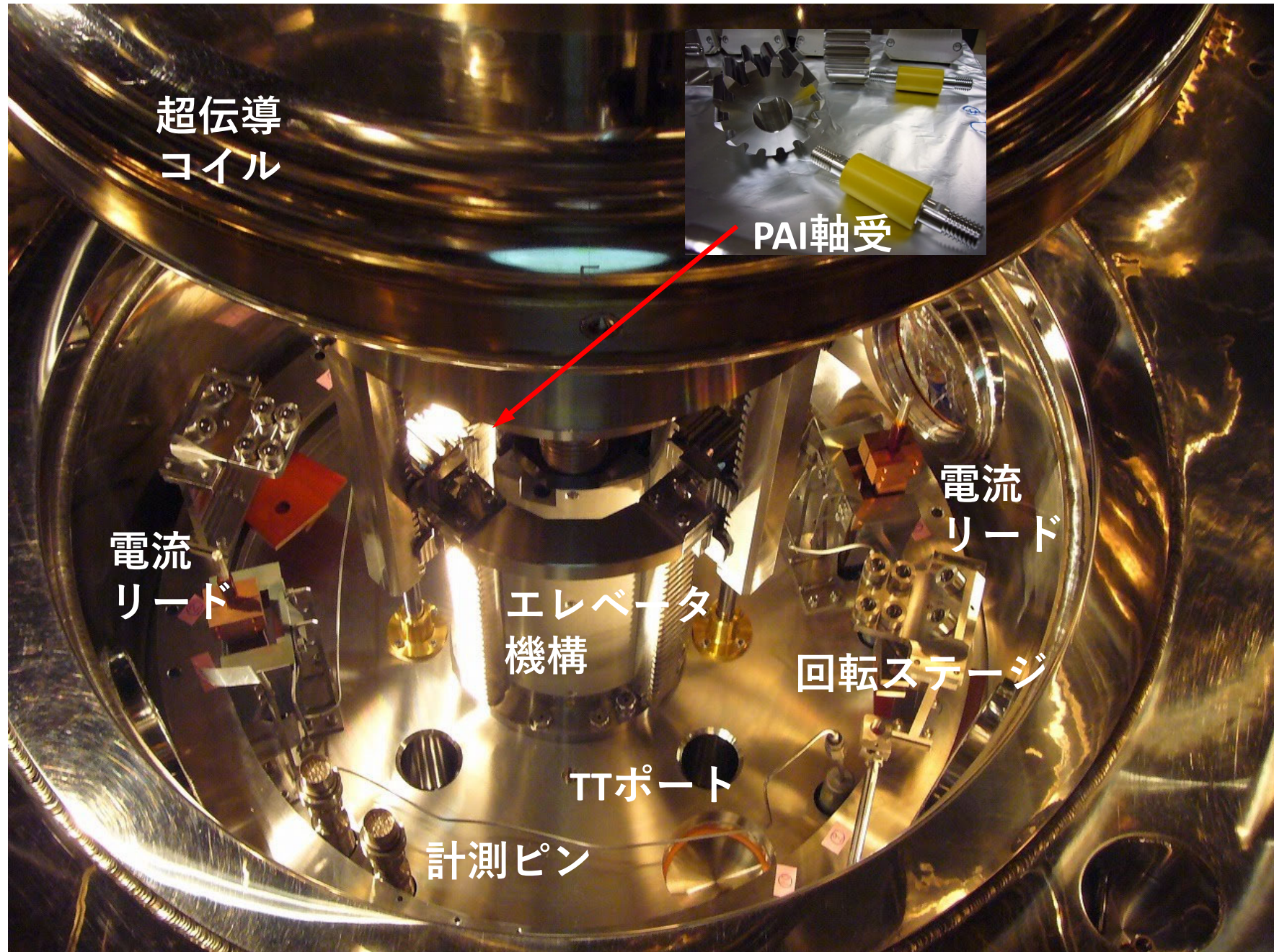
コイル浮上/プラズマ実験

プラズマ実験の準備の様子



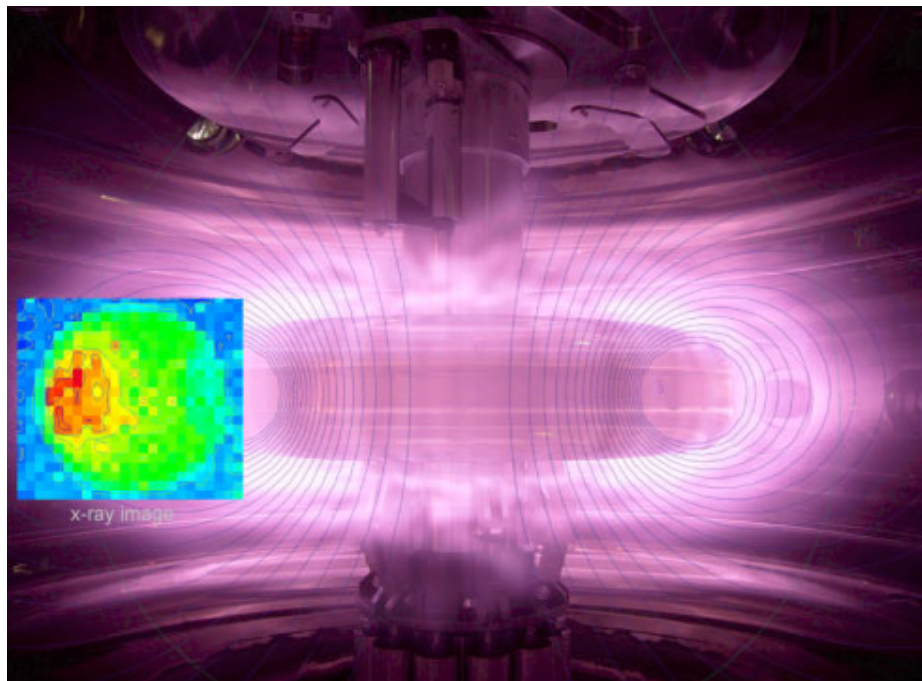
- 本体メンテナンスは軽微なものはポートから,
アンテナ設置などは内部で人が作業

I-2) 磁場コイルと電源 超伝導コイル(コイル周辺機器全景)



RT-1でできること 1. 先進核融合の基礎研究

- 核融合装置として実績のある方式は **トカマク (ITER)** や **ヘリカル** 核融合燃料として、**重水素 (D)** と **三重水素 (T)** の使用が想定されている
- 次世代の「先進核融合」の可能性
DTより難しい (起こりにくい) 核反応として、DDなど魅力的なものがある
T (トリチウム, 三重水素) を使わない, 高速中性子を発生しない



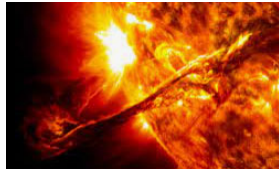
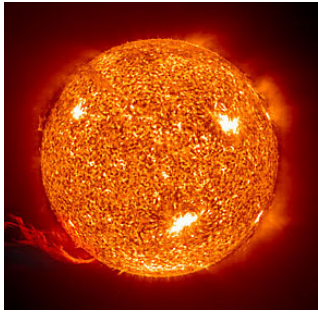
「先進核融合研究の推進」

環境性に優れた先進燃料による
核融合の基礎研究

共通するプラズマ核融合の物理解明
(乱流, 集団現象, カオス, etc.)

RT-1の高温電子プラズマ. 電子温度は1億度に達し, X線の発光が観測される.

RT-1でできること 2. 核融合と宇宙に共通するプラズマ研究

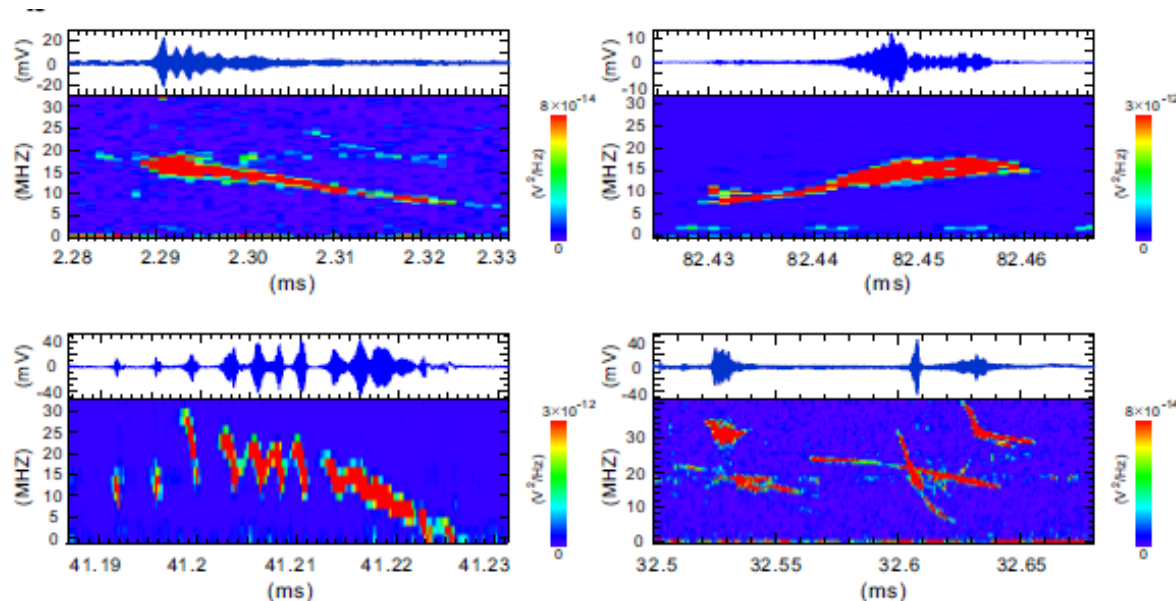


出典:
ようこう, NOAA

● 宇宙天気とは？

太陽活動により地球近くの宇宙環境が乱れると、停電や通信障害などが発生する

宇宙天気のメカニズムや予報は社会的にも重要な課題で、プラズマの理解が不可欠

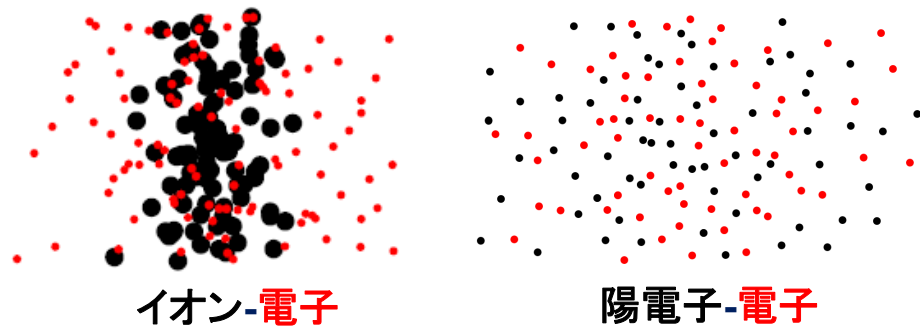


波動とプラズマの相互作用

RT-1で観測されるプラズマの波は、宇宙と実験室のプラズマ現象に共通して重要

実験室研究の特徴（計測、再現性）を活用した研究

RT-1でできること3. 新しい核融合科学：反物質プラズマ

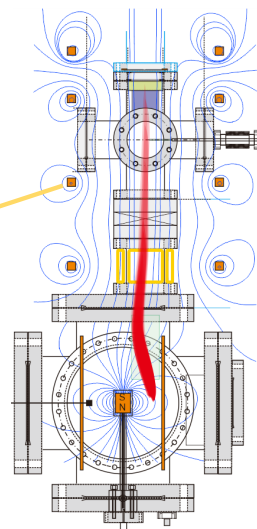
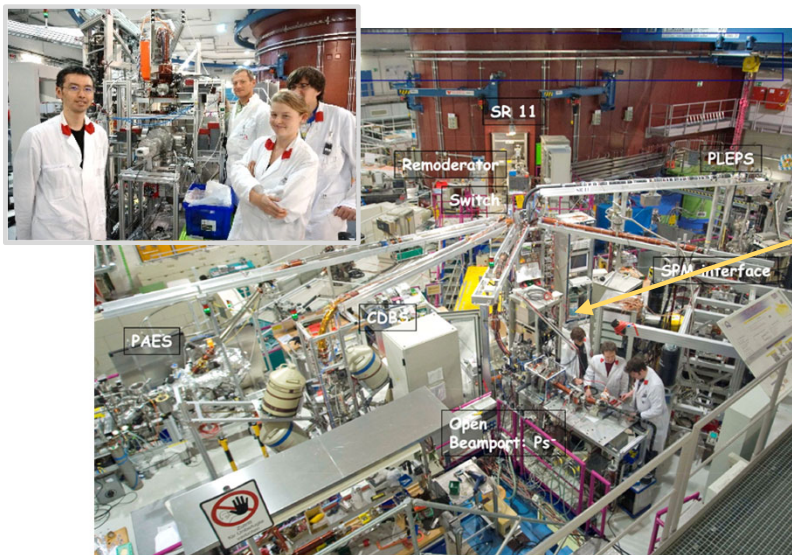


- 物質には対応する**反物質**がある
電子と陽電子，陽子と反陽子， etc.
物質を反物質がぶつかると，ガンマ線（光の一種）を出して消滅してしまう

- 反物質でプラズマを作ると面白い

普通のプラズマ（イオンと電子）と違い，粒子が同じ重さでできている
宇宙には存在が予測されているが，まだ実験室で作った人はいない

核融合プラズマの性質の解明，核融合科学に基づく新しい研究展開



「反物質プラズマ研究」

磁気浮上超伝導コイルが作る
「惑星磁気圏型」装置による
電子・陽電子プラズマの実現

ミュンヘン工科大学（ドイツ）との共同
研究で，陽電子を入射し閉じ込めた。
電子との同時閉じ込め計画を進めている。

まとめ

- プラズマ核融合学は，自然現象の理解やエネルギー問題解決など人間社会への貢献を目指す研究分野です
- 核融合エネルギーの実現には性能の良い**プラズマ**を閉じ込めることが重要で，国際協力で研究が進んでいます
- 東京大学RT-1では，自然現象（宇宙のプラズマ）にヒントを得て，先進的な核融合や反物質プラズマの実現を目指しています
- 新領域・先端エネ・梶田研，西浦研，斎藤研

