

平成19年2月27日資料

### 3. LHDの目的

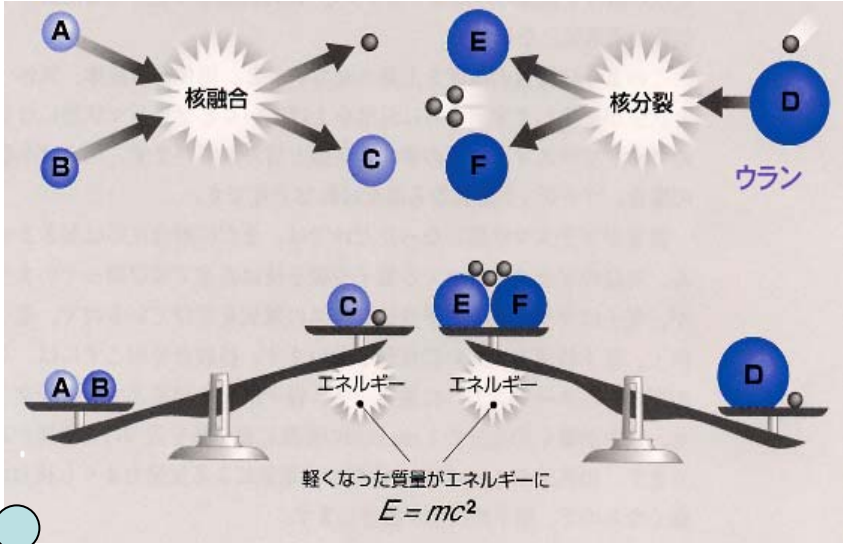
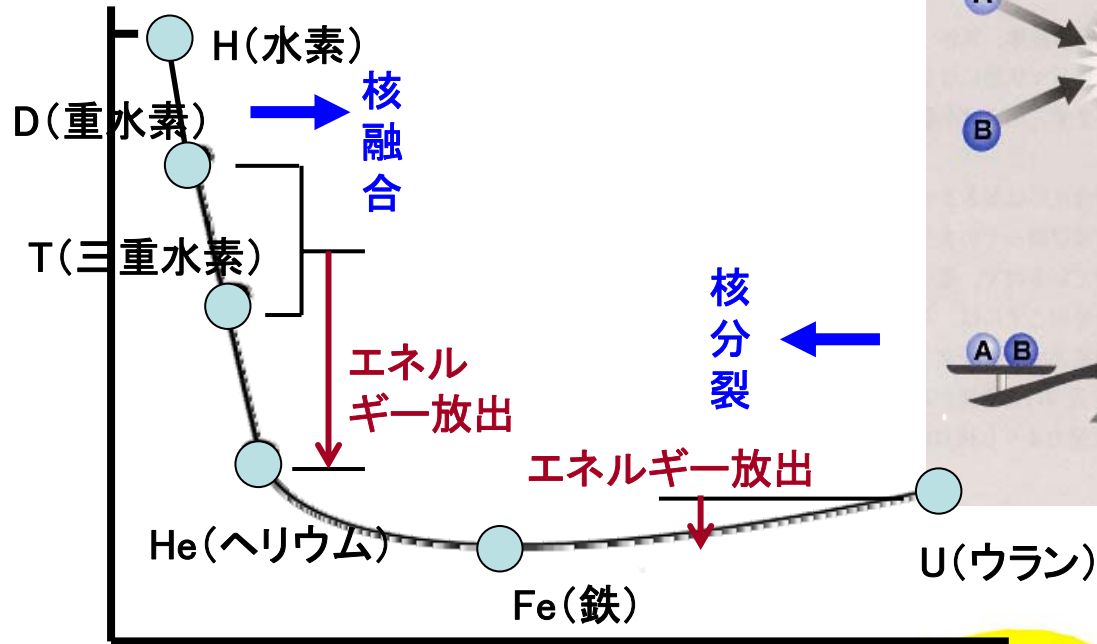
核融合について  
プラズマの説明  
LHDの説明  
LHDの目的、目標の位置づけ

写真: 大型ヘリカル装置(LHD)の真空容器内部

1/12

# 核融合は原子核が融合すること 質量とエネルギーは等価 軽くなった質量がエネルギーに変化する

原子核の粒子当たりのエネルギー



原子核の質量数(陽子数+中性子数)

海水ポリタンク 1本分 = 重水素 約0.6g

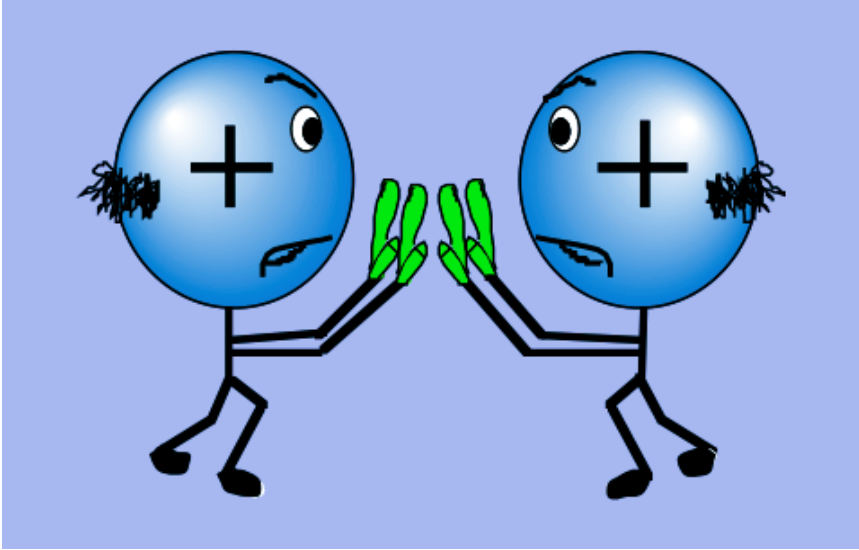
核融合



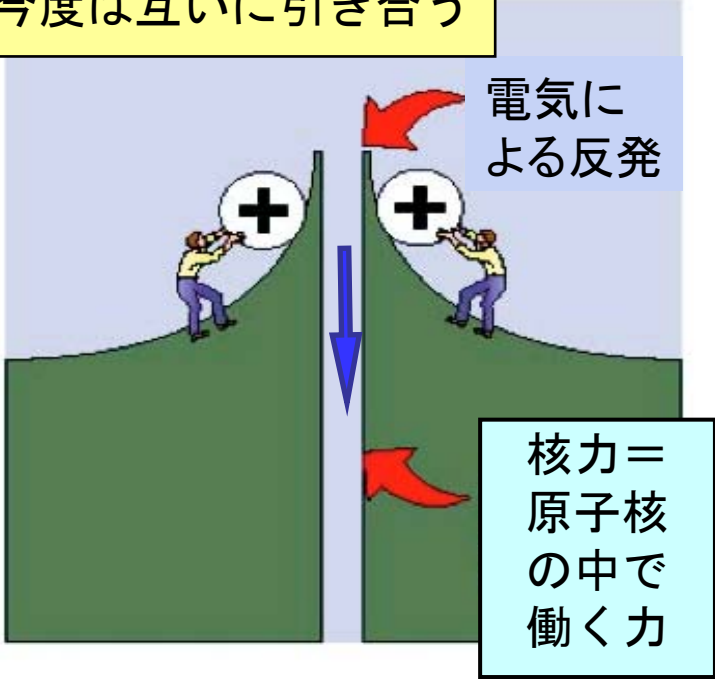
石油換算  
ポリタンク250本分のエネルギー

# どうやって融合させるのか

原子核は正(プラス)の電荷をもっているので近づけた時、互いに反発する



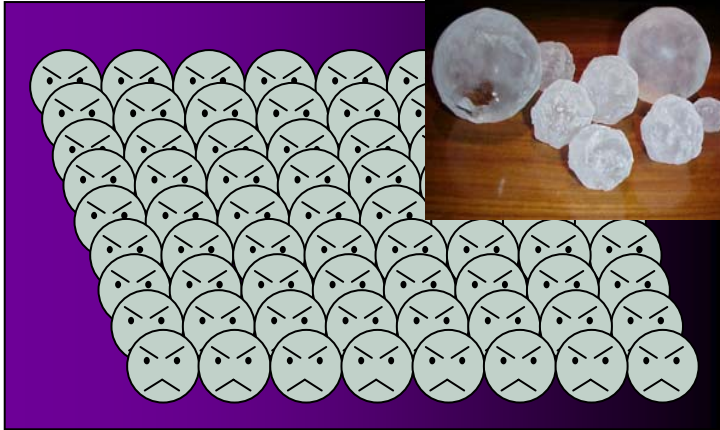
ある距離より近づけば今度は互いに引き合う



電氣的反発の山を越えて核力の井戸の中へ

- 原子核を高速で衝突させる
- 高いエネルギー
- 高い温度
- 1億度の高温が必要

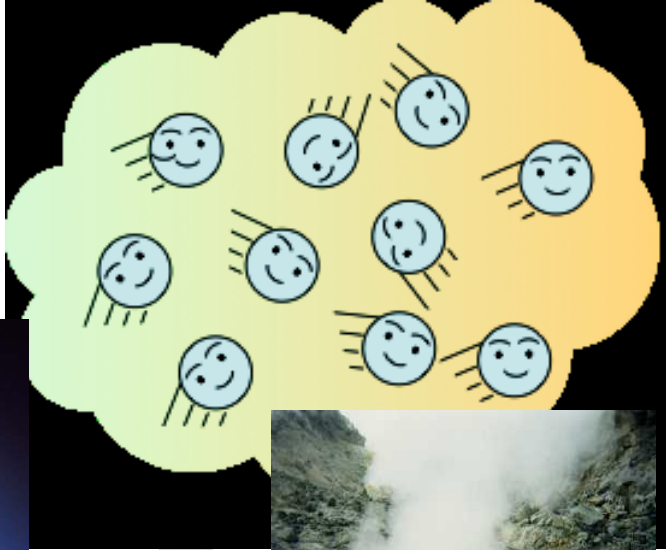
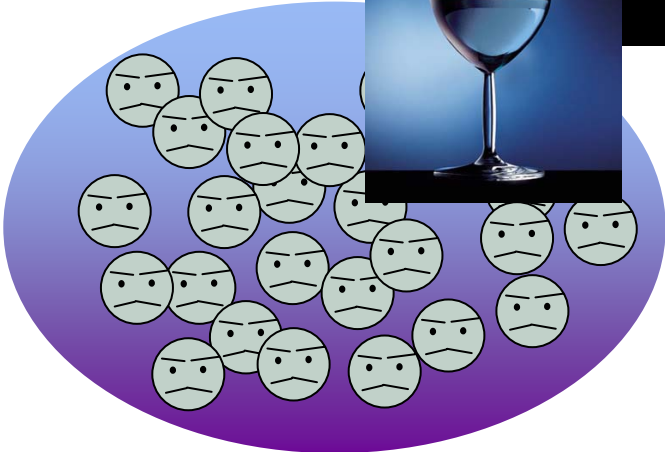
# 物質の温度を上げていくと



冷たい  
固体:氷  
第一状態



暖かい  
液体:水  
第二状態

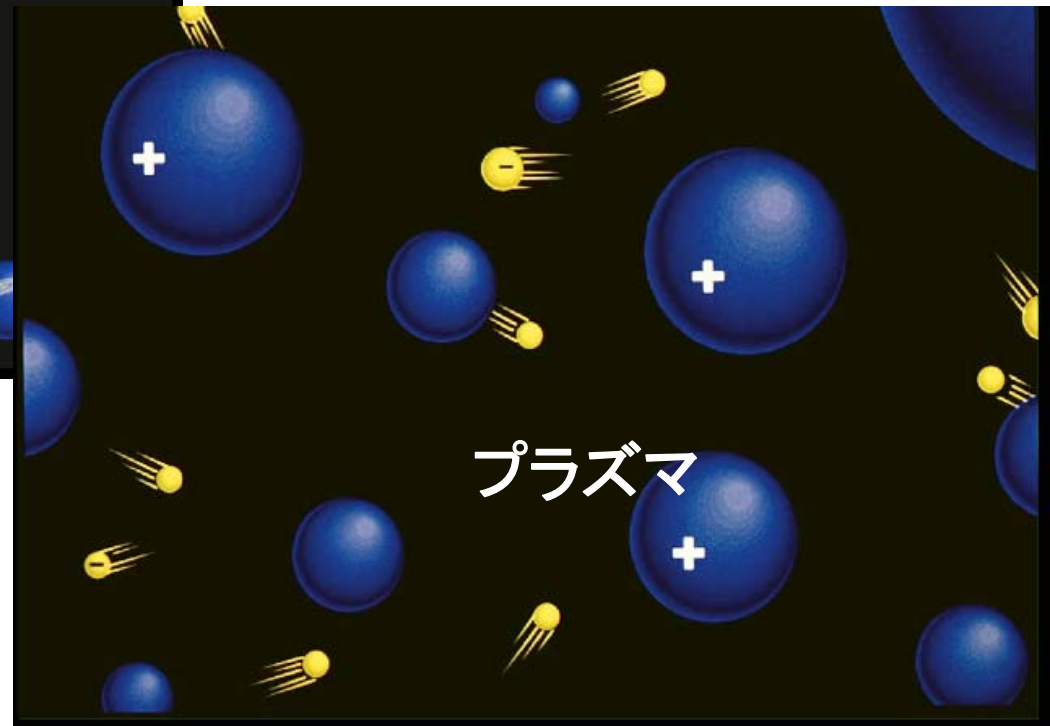
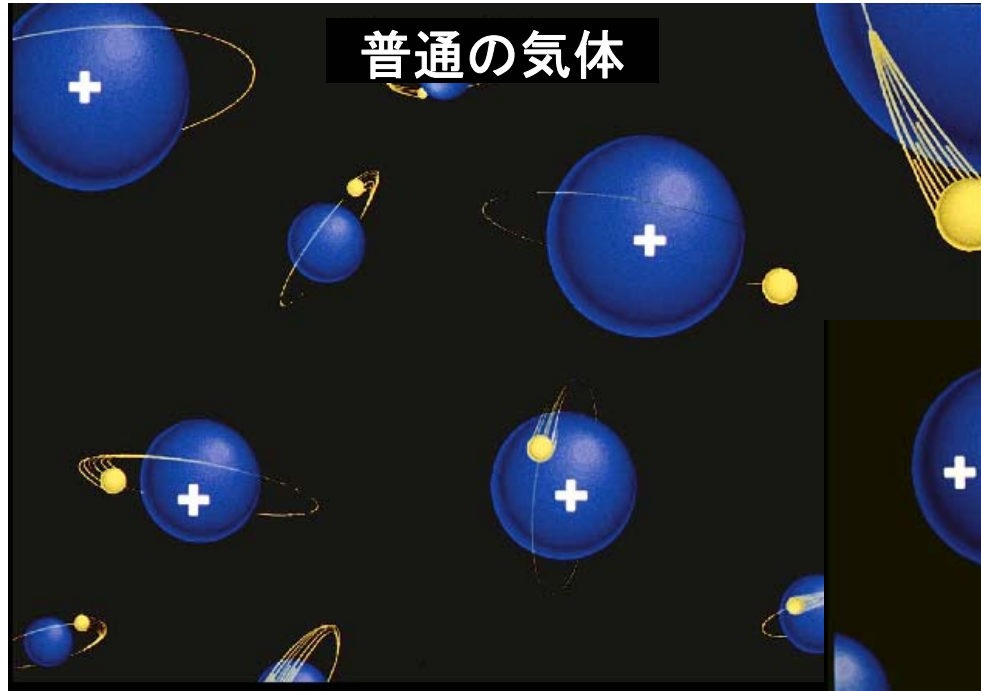


熱い  
気体:水蒸気  
第三状態

さらに、高温にすると

# プラズマ=物質の第四の状態

プラズマは電子と原子核がばらばらになった高温の気体



核融合を起こすような高温  
では  
物質は**プラズマ**になる

# 自然界のプラズマ

高温 (>1万度)

→ プラズマ: 電離気体 物質の第4状態

大気圏では  
雷光

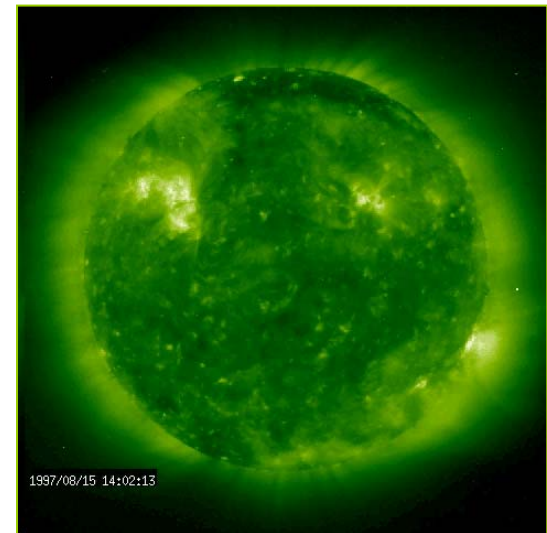


電離層では  
オーロラ

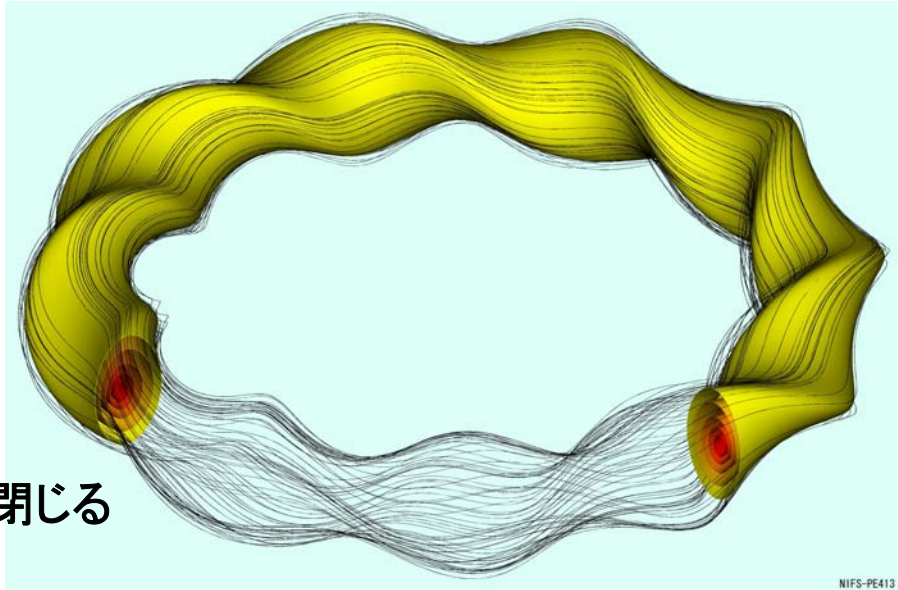
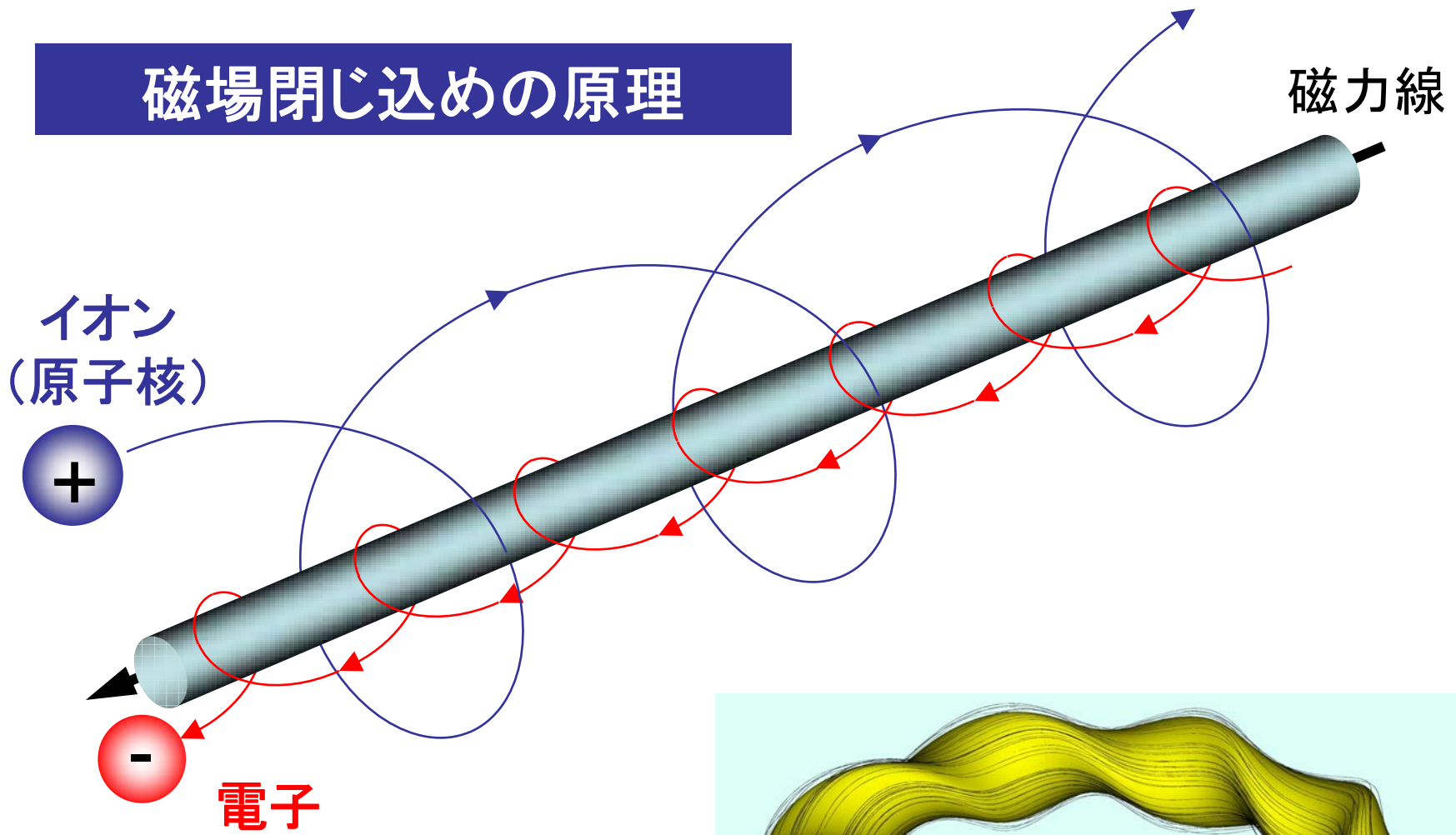


宇宙では  
太陽と恒星

宇宙では99%の  
物質がプラズマ  
状態



# 磁場閉じ込めの原理

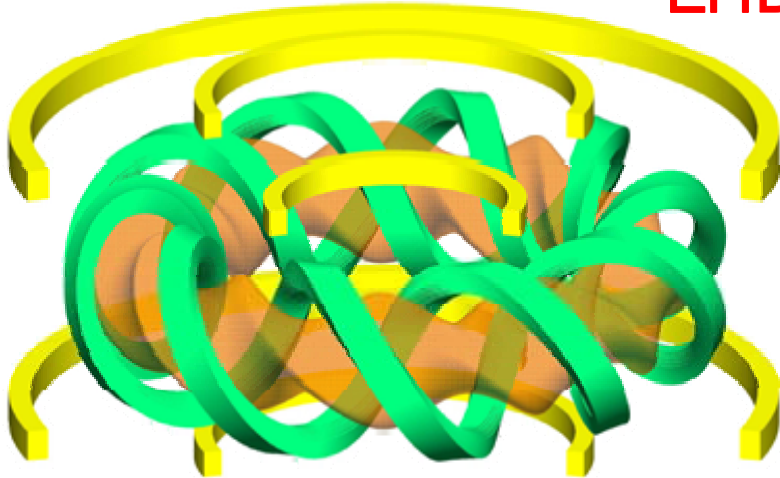


磁力線をドーナツ状に閉じる

# ヘリカル方式とトカマク方式

## ヘリカル方式

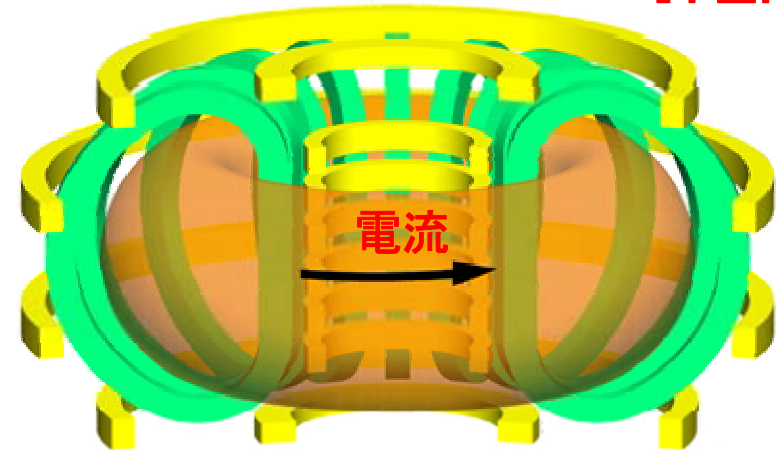
LHD



- ヘリカル（ねじれた）コイルの磁場により、プラズマを閉じ込める  
我が国独自のアイデアに基づく方式
- 磁場は外部コイルで形成されるため、  
プラズマ中に電流を必要としない  
→経済的な運転が可能
- 長時間プラズマを生成、保持することが原理的に可能
- LHD（核融合科学研究所：1998年実験開始）  
W7-X（独、建設中：2012年以降完成）

## トカマク方式

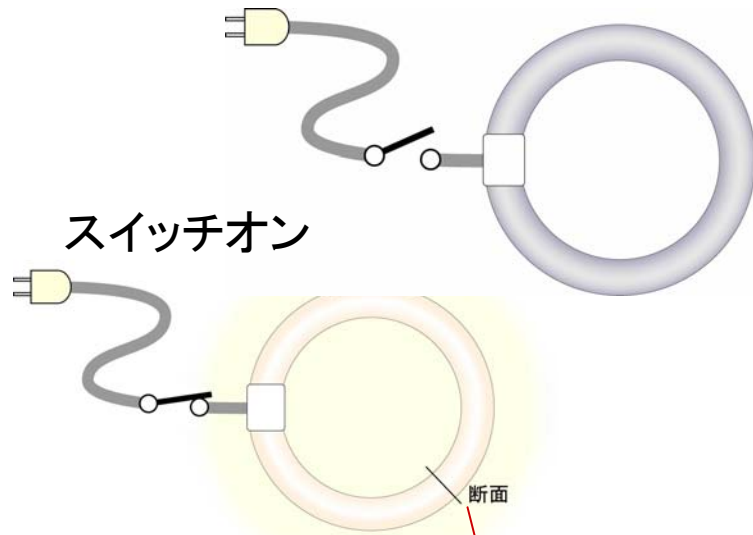
ITER



- 旧ソビエトで考案され、世界が追随した方式→**臨界条件達成**：現時点で最も進んだ方式
- プラズマ中に電流を流して磁場を形成
- 実験炉ITERに採用された方式
- JT-60U（原子力機構）  
TFTR（米国）  
JET（EU）

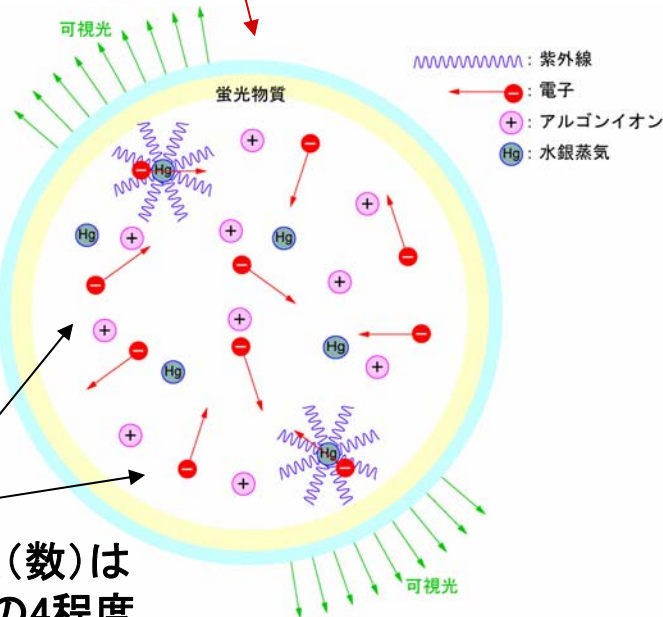


# 蛍光灯はプラズマが光らせています



スイッチオン

断面図



プラズマの密度(数)は  
大気の1,000分の4程度  
温度は1万度

マイクロ波でプラズマを点ける



サークル型蛍光灯  
を電子レンジへ

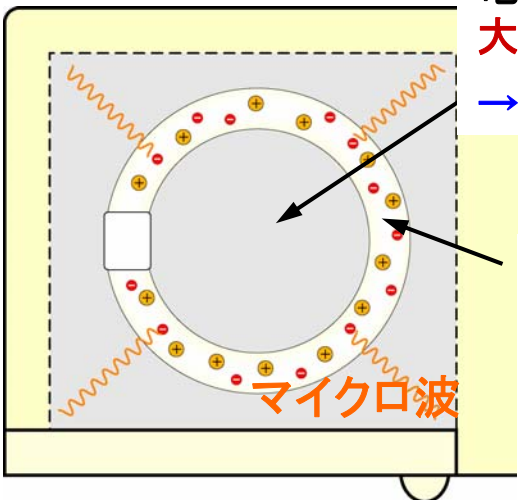


スイッチオン

お！ 点いた

# サークライン蛍光灯実験とLHD実験

電子レンジ オン

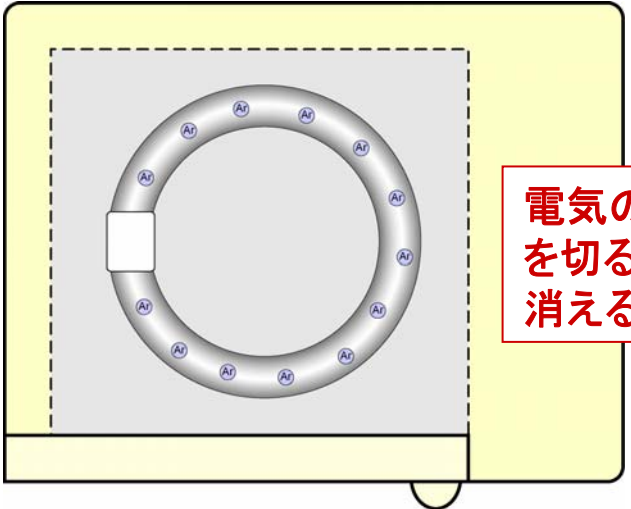


電子レンジ内は  
**大気圧**  
→ プラズマが点かない

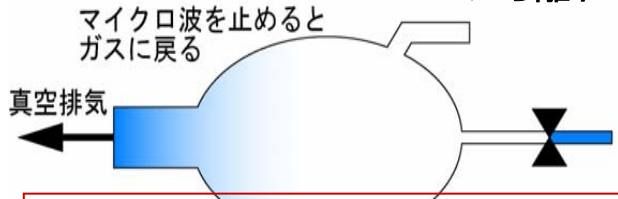
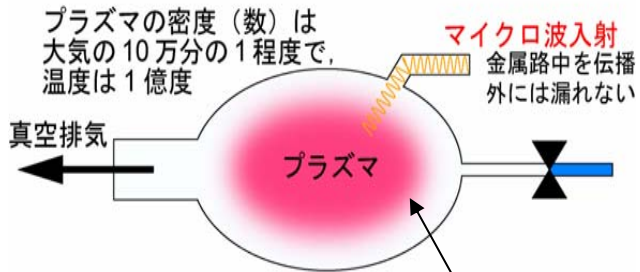
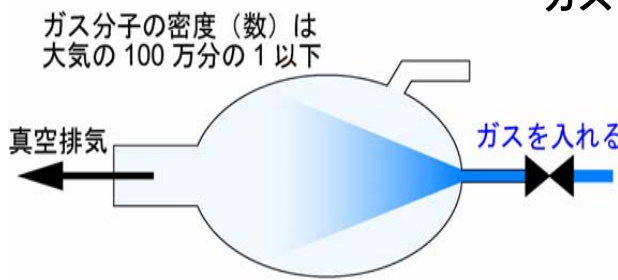
蛍光灯内は**大気圧**  
より低い圧力(大気  
圧の1000分の4  
程度)の気体  
→ **マイクロ波でプ  
ラズマが点く**

マイクロ波

電子レンジ オフ



電気のスイッチ  
を切るとプラズマ  
消える



ガス: 水素  
ヘリウム  
アルゴン

ガス分子の密度(数)は  
大気の100万分の1以下

プラズマの密度(数)は  
大気の10万分の1程度で、  
温度は1億度

磁場のかごで壁  
から離れている

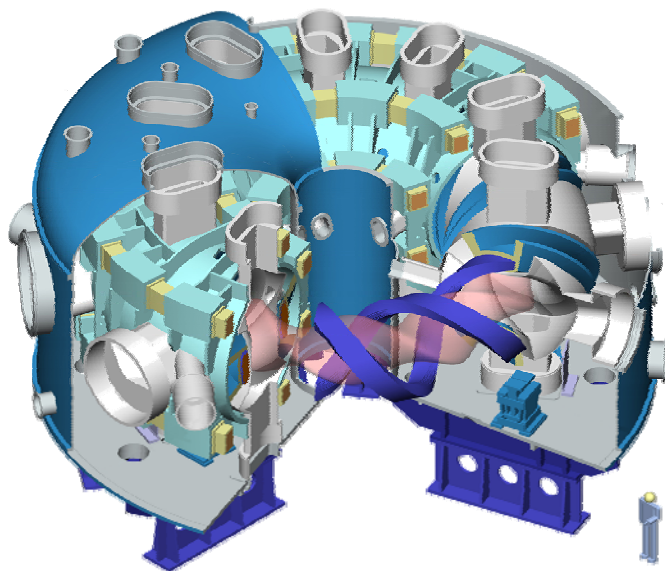
マイクロ波を止めると  
ガスに戻る

気圧が高いとプラズマは点かない。  
電気のスイッチを切るとプラズマ消える

# LHDによる核融合を目指した高温プラズマ研究の推進

## 概要

我が国独自のアイデアに基づく、超伝導コイルを用いたヘリカル磁場方式の大型実験装置の共同研究・共同利用によって核融合炉を見通せる高温高密度プラズマを目指して、世界の核融合研究、新しいプラズマ領域の研究に貢献

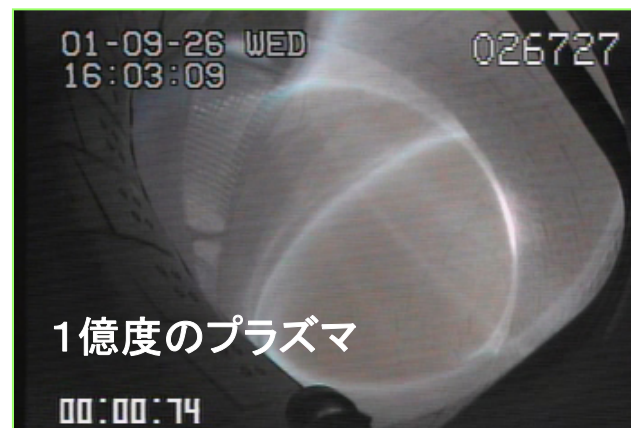


### 世界最大の定常型実験装置

装置本体の外径	13.5m
プラズマの直径	約8m
プラズマの太さ	約1.2m
プラズマの体積	30m <sup>3</sup>
磁場強度	約3万ガウス

高温すなわち高いエネルギー状態にあるプラズマは不安定になりやすい

→ 核融合の実現にはプラズマの複雑な集団現象の理解と制御技術の確立が必要不可欠



# LHDによる核融合を目指した高温プラズマ研究の推進

## 主な研究目的

- (1) 高い核融合三重積(密度×イオン温度×閉じ込め時間)を実現し、核融合炉に必要なプラズマ閉じ込めの研究を広範に行う
- (2) 長時間のプラズマ生成実験を行い、連続運転が可能であることとその高い制御性能を実証する
- (3) プラズマと磁場との体積平均エネルギー比(ベータ値)5%以上を実現し、プラズマの電磁流体的(MHD)安定性、輸送等関連する物理を調べる
- (4) ヘリカル及びトカマクプラズマの総合的理解を深め、将来の核融合炉のためのデータベースを提供する

等

