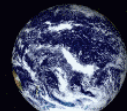


科学技術週間サイエンスカフェ
丸の内カフェ
平成22年4月16日

夢のエネルギー ～プラズマと核融合の話～

(独) 日本原子力研究開発機構

那珂核融合研究所

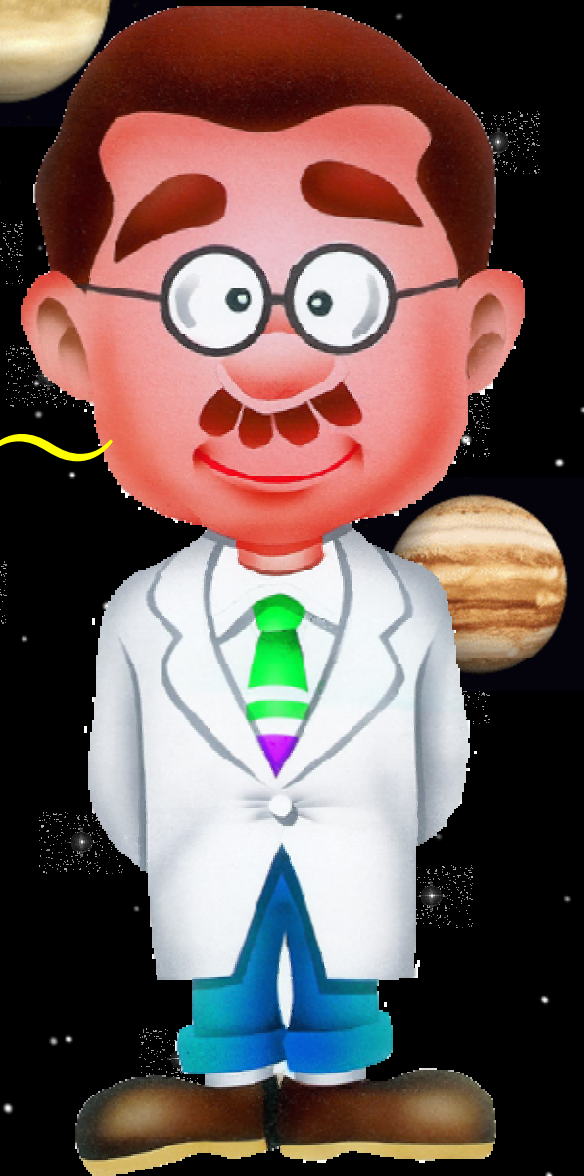
 核融合研究開発部門

講師

春日井 敦

ファシリテータ

柏木美恵子



自己紹介：春日井敦



岐阜県出身

核融合エネルギーの研究開発、特に加熱装置の開発に携わって20年近くになります。最近はアウトリーチ活動にも力を入れています。



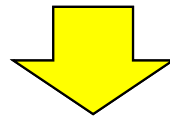
さて皆さんの興味は何でしょうか？

子育て、環境問題、エネルギー、安全……

私も皆さんと同じ問題意識を持っています。

子どもの将来、孫の時代の地球環境、エネルギー問題……不安です

だからこそ、私たちは一刻も早い問題解決のための研究をしています



環境の話、エネルギーの話をきっかけに、子どもたちの将来を明るくする核融合エネルギーについて一緒に考えてみたいと思います。

お話ししたい内容

1. なぜ核融合エネルギーなの？

私たちのエネルギーは今後どうなるの？ 地球環境はどうなるの？

2. 核融合エネルギーとは？

エネルギーを生み出すしくみは？ 燃料は？ 安全なの？

3. 地上で核融合エネルギーを起こすにはどうするの？

プラズマって何？ 装置はどうなっているの？

4. どこまで研究は進んでいるの？ これからどうするの？

核融合の実験装置、ITER計画、幅広いアプローチ活動

5. プラズマの技術・核融合の技術は何の役に立つの？

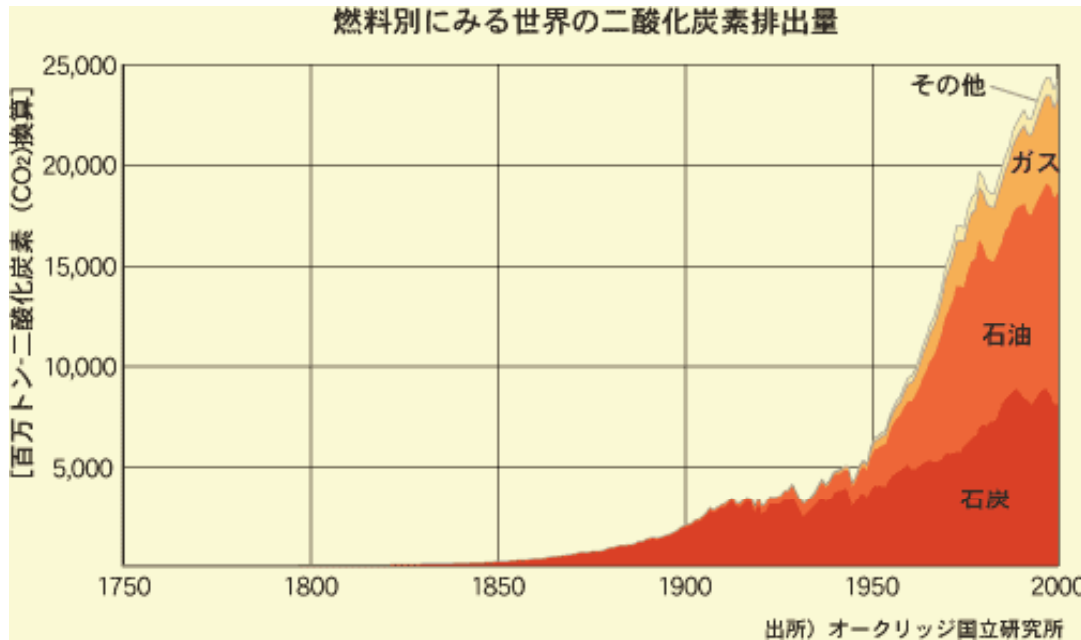
人工ダイヤモンド、環境・医療、ナノテク、
波及効果と応用（一例としてロケットも）
私も制作に関わったプラズママップの裏話

1. なぜ核融合エネルギーなの？

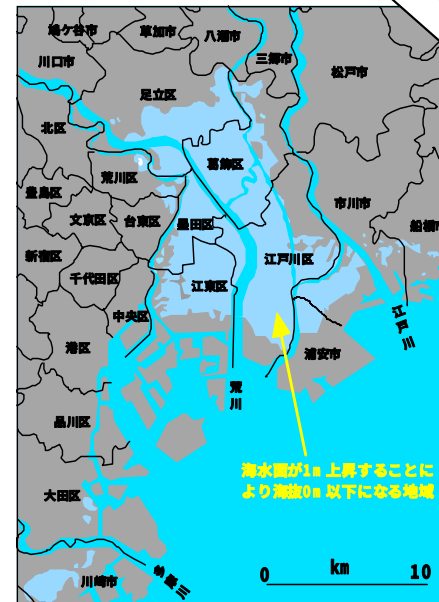
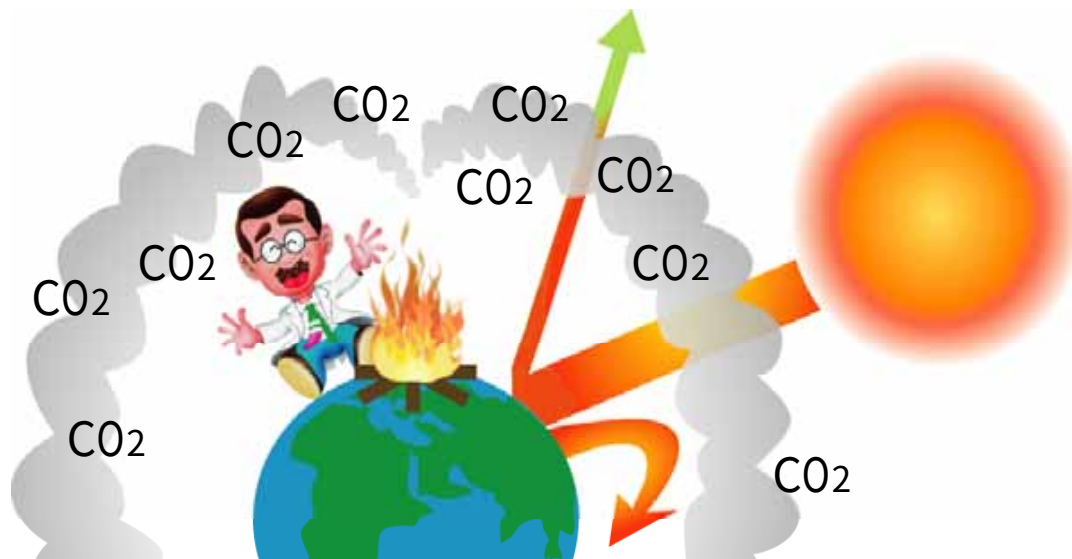
私たちのエネルギーは今後どうなるの？ 地球環境はどうなるの？

地球の環境問題を考える

温暖化って何？



石炭や石油をどんどん燃やすとどんどん二酸化炭素が地球をおおい、地球に熱がたまる、これが温暖化の原因

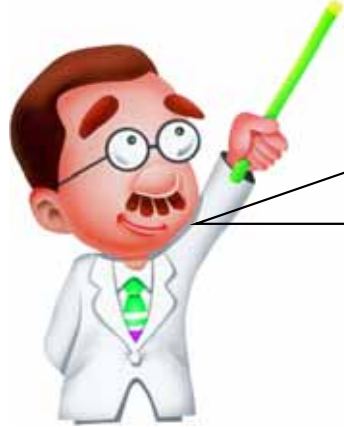


温暖化で1m海面が上昇すれば、東京の多くが沈んでしまう。

私たちが使うエネルギーの話

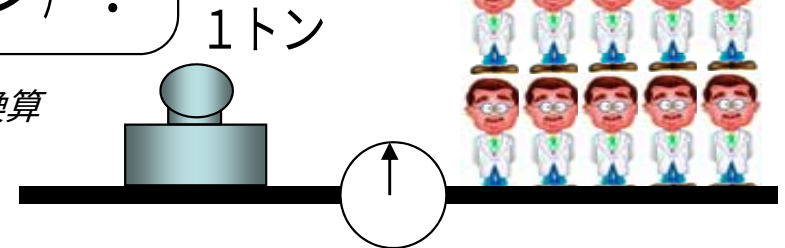
おうちで1人が1年に使うエネルギーはどれくらい？

70kgのワシ
が12人分じゃ。
つまり、ひと月に
自分の体重分だ！

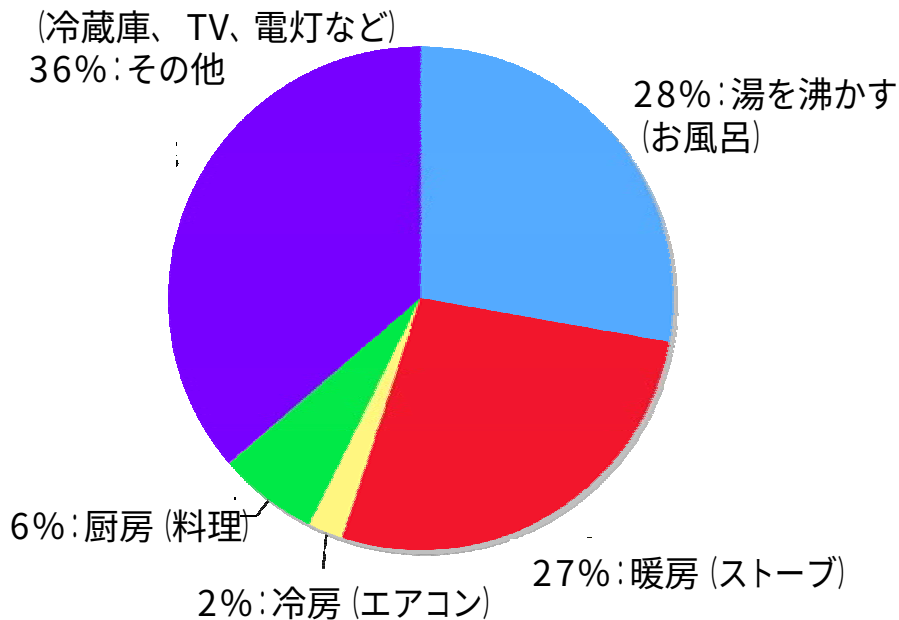


原油に換算すると
約850キログラム (約1トン) ！

原子力・エネルギー図面集1-12より換算

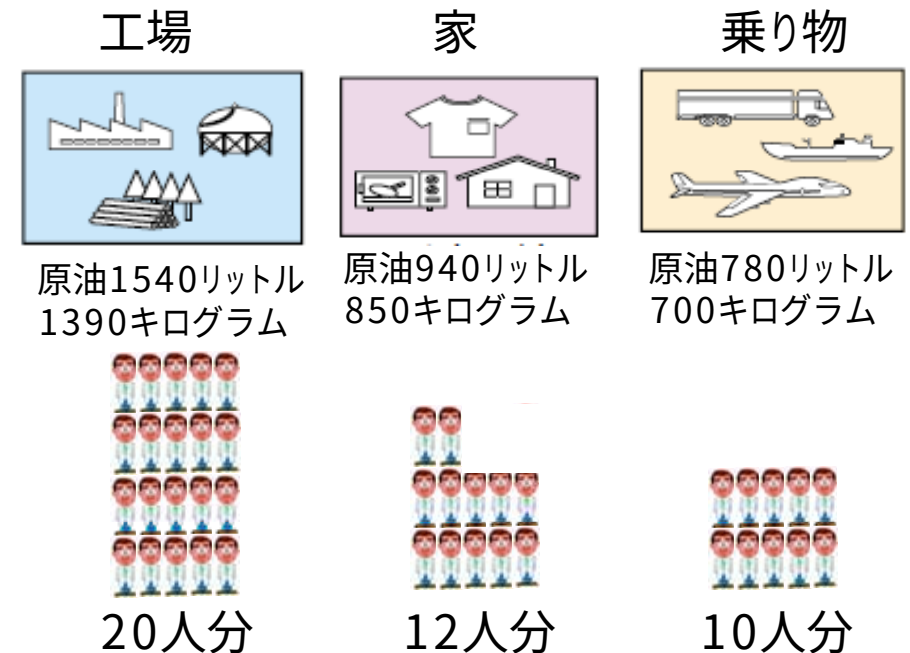


どんな風に使っているか？



<http://www.eccj.or.jp/qanda/household/qa01.html#01>

全体でどれくらい使っているか？



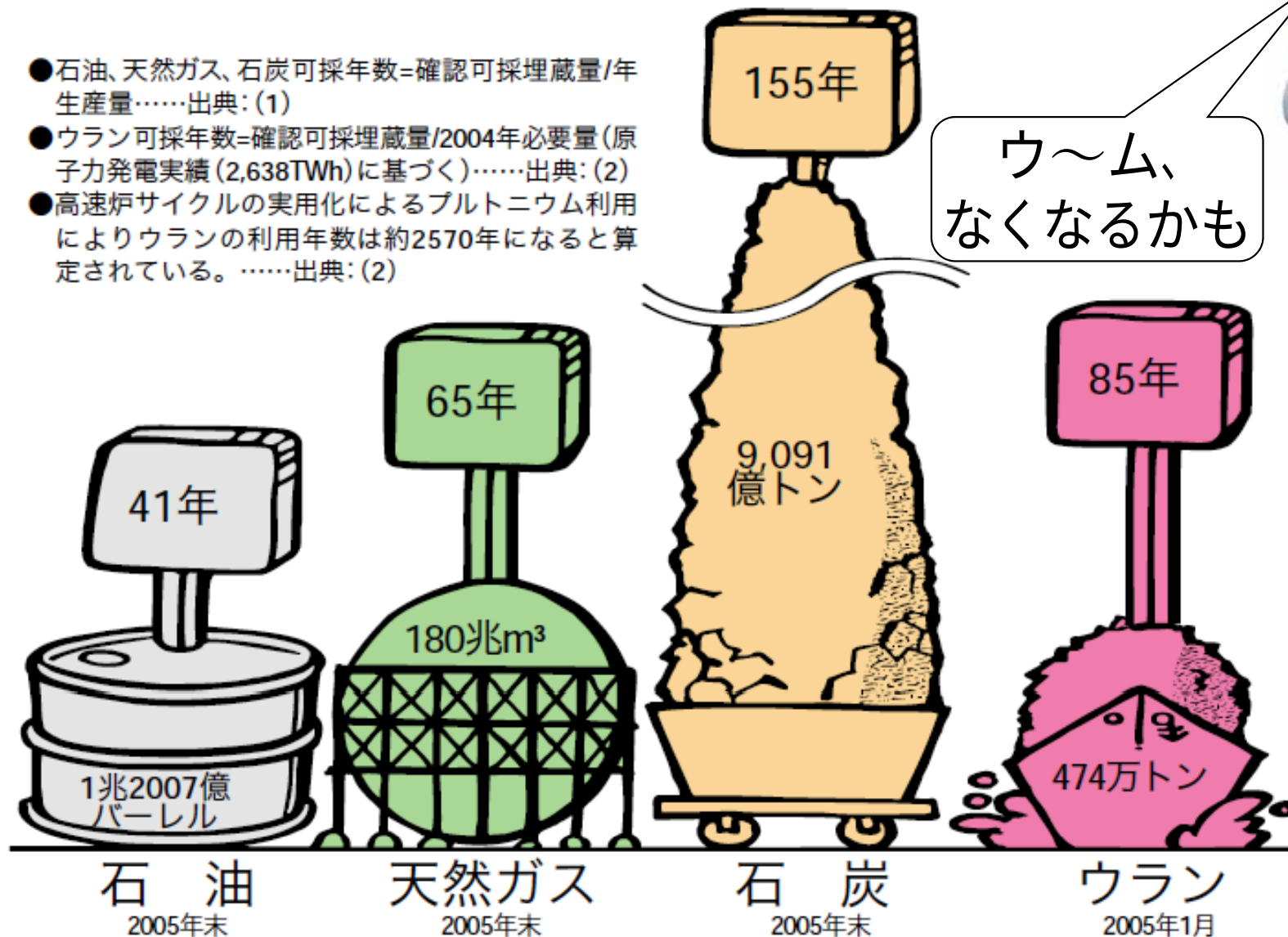
化石燃料のエネルギー

石油とかの資源はどれくらいあるのか知ってる？



ウ～ム、
なくなるかも

- 石油、天然ガス、石炭可採年数=確認可採埋蔵量/年生産量……出典: (1)
- ウラン可採年数=確認可採埋蔵量/2004年必要量(原子力発電実績(2,638TWh)に基づく)……出典: (2)
- 高速炉サイクルの実用化によるプルトニウム利用によりウランの利用年数は約2570年になると算定されている。……出典: (2)



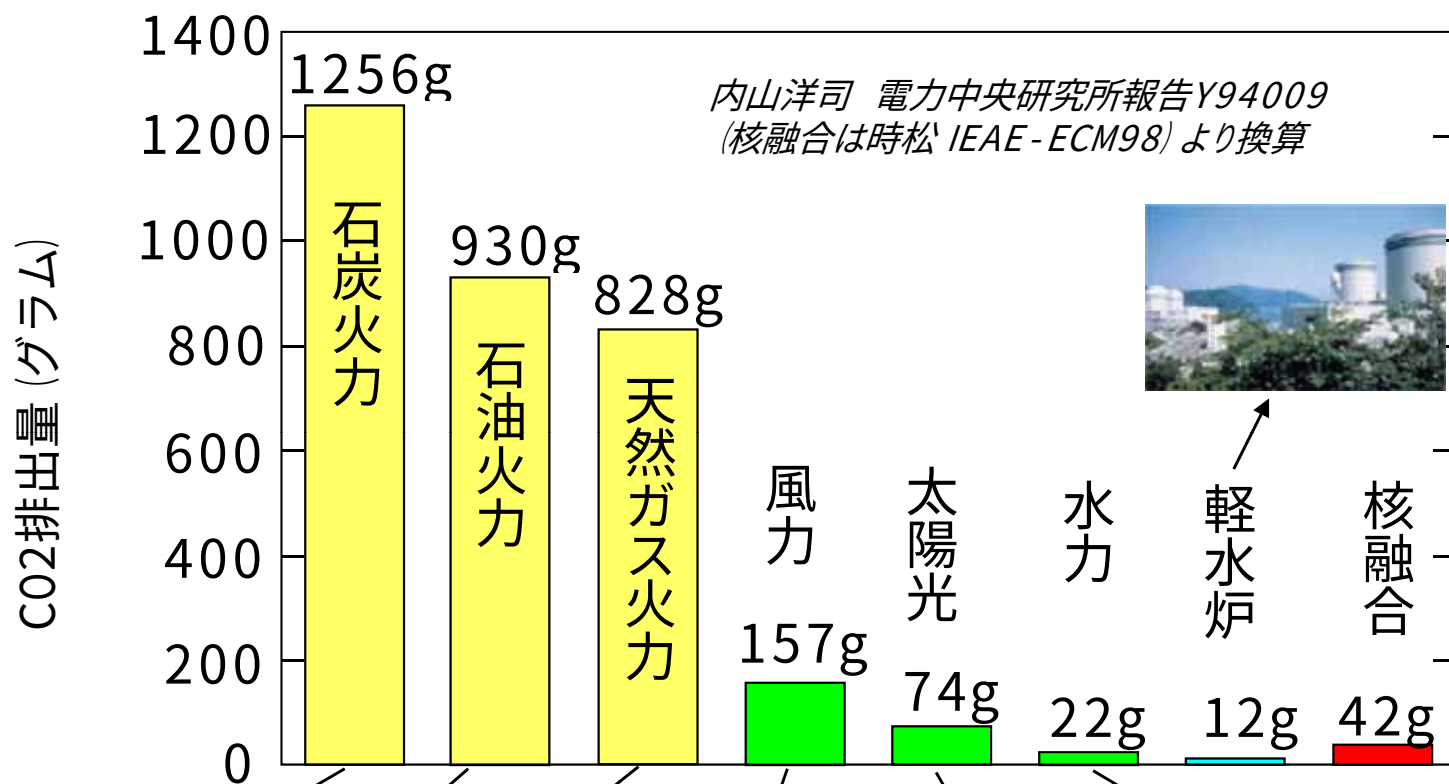


お風呂1回、1kgのCO₂なんです！

お風呂を湧かした時に出る二酸化炭素の重さ
(200リッター、25℃⇒45℃)



CO₂の出ない
エネルギーって
どれ？



2. 核融合エネルギーとは？

エネルギーを生み出すしくみは？ 燃料は？ 安全なの？

核融合は、無尽蔵で安全、安心なエネルギー

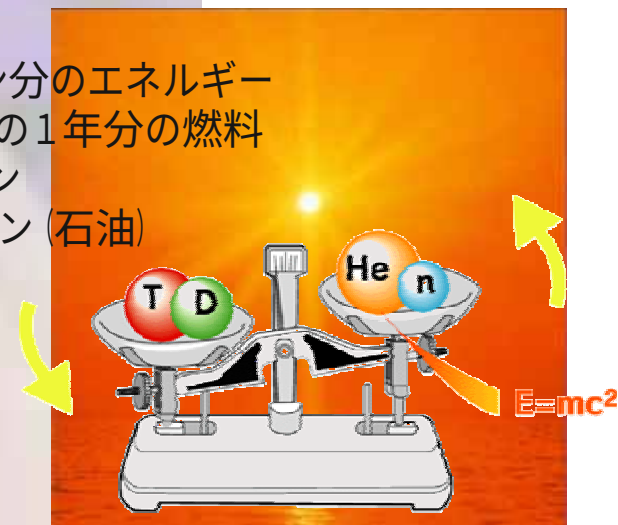
豊富な燃料資源

燃料は、海中に豊富に存在
重水素は無尽蔵
三重水素を作るためのリチウムは1550万年分！

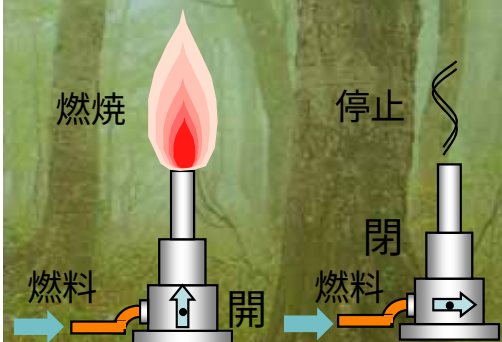
リチウムから
自分で燃料を作る

高いエネルギー発生率

燃料1gで石油8トン分のエネルギー
100万kWの発電所の1年分の燃料
核融合:0.2トン
火力:140万トン(石油)



固有の安全性



燃えかすは安全なヘリウム
二酸化炭素は発生しない
ガスバーナーのように、燃料
の元栓を締めると反応が止まる

超伝導、ロボット、耐熱材料、
粒子ビーム、マイクロ波など
先端技術の集合体
未来に向けた先端技術の開発



優れた環境、安全性

先端技術開発

核融合燃料は無尽蔵

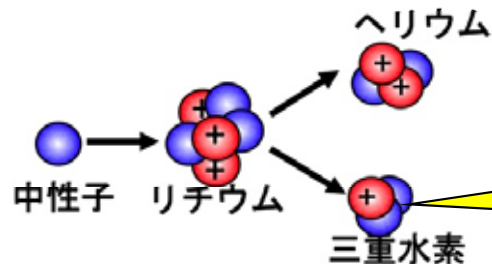
燃料:

重水素: 海水に豊富に含まれる

三重水素: リチウムから核融合炉
自身で作る

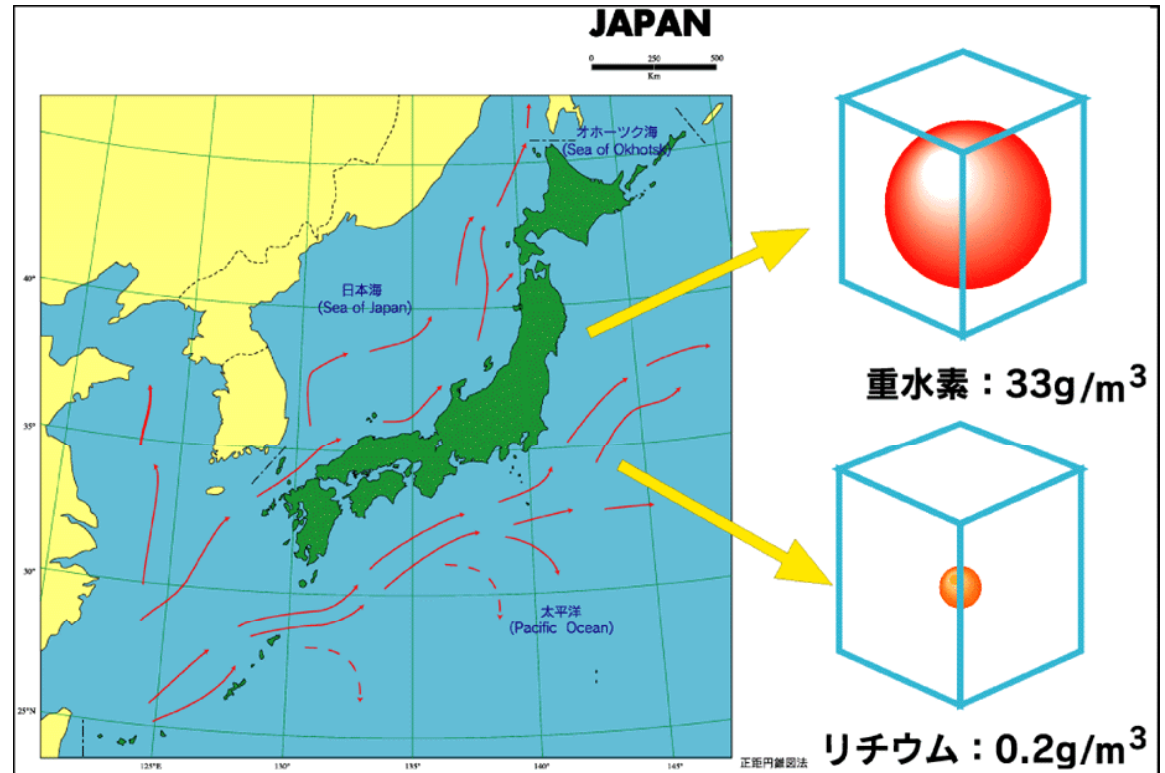
リチウムは海水から取れる

核融合炉の中では



燃料に
なります

重水素は無尽蔵、リチウムは1550万年分！



核融合のエネルギーってこんなにすごい！

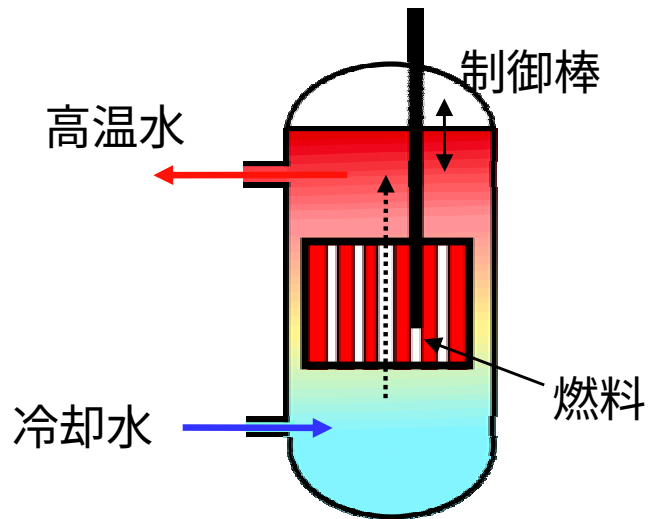
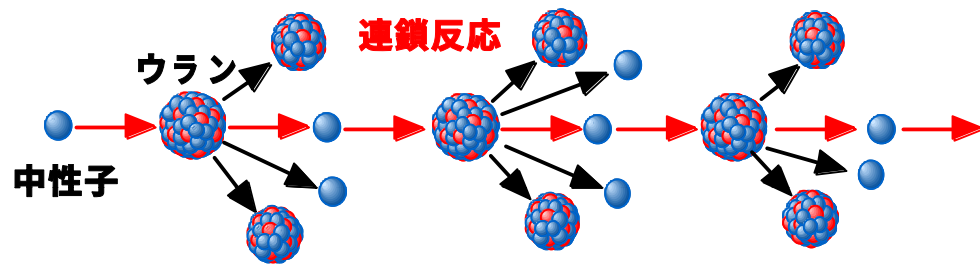


たったこれだけで、日本の一世帯あたりの年間エネルギー使用量の30年分のエネルギーを生み出します

核融合炉は暴走しない、すぐ停止できる

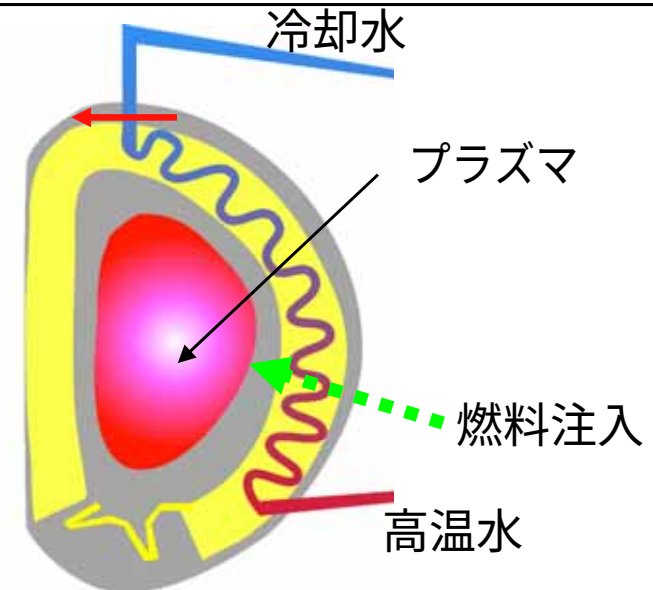
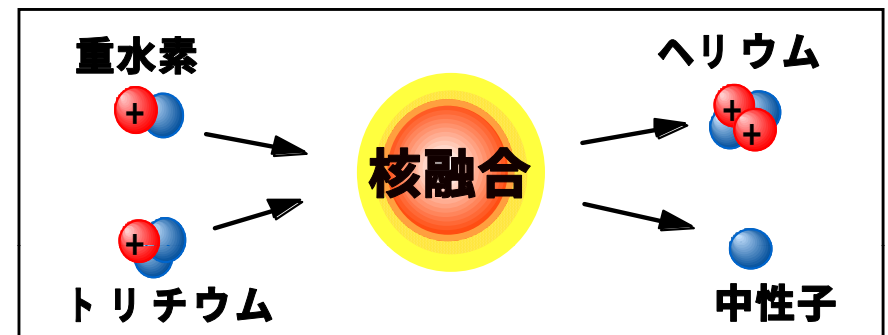
核分裂

- ・ 前の反応が次の反応を起こさせる
(連鎖反応)
- ・ 燃料を数年分炉の中に置いておく
- ・ 暴走しない工夫をする

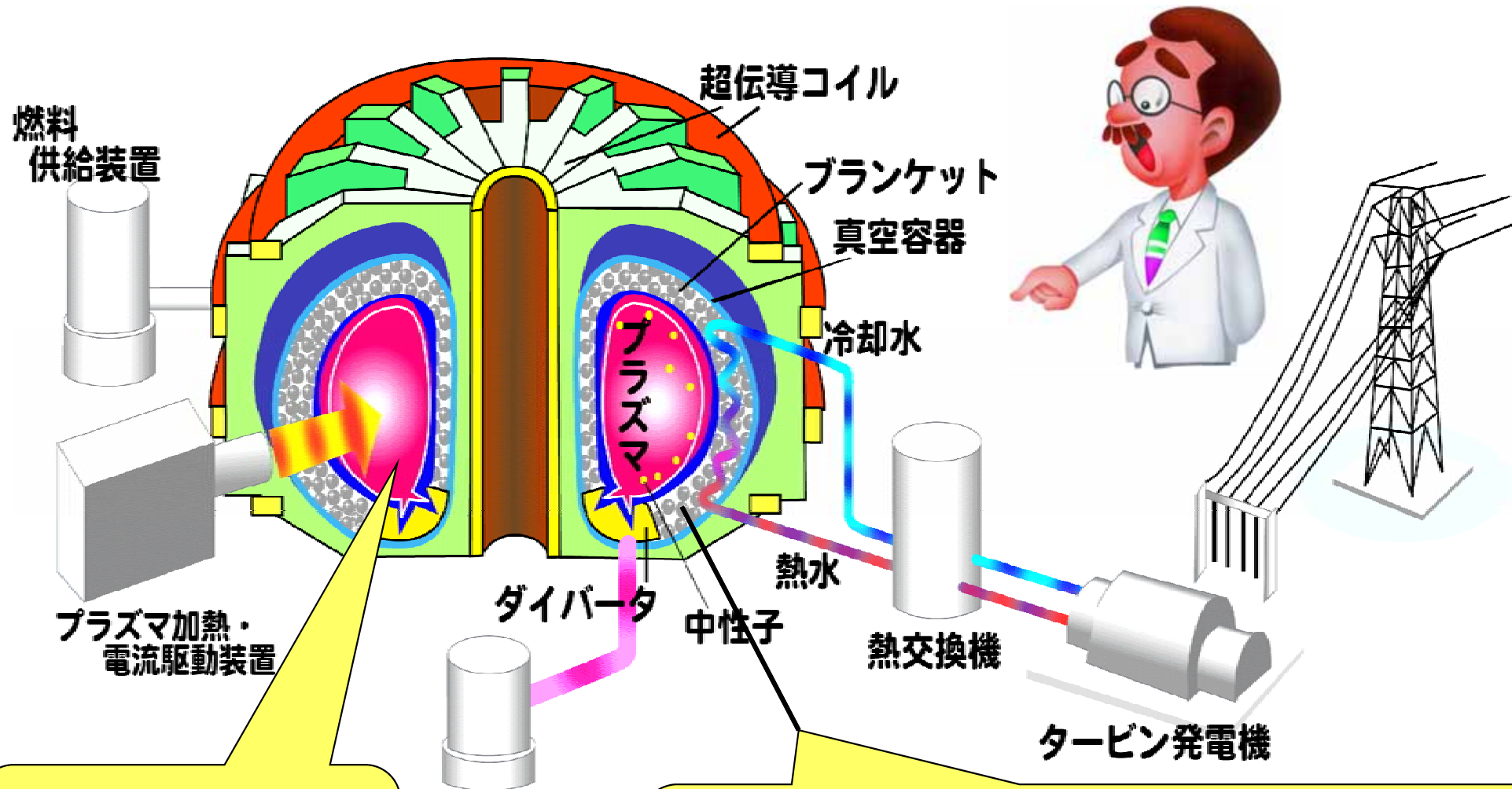


核融合

- ・ 前の反応は次の反応と関係しない
- ・ その時に必要な量しか炉内にはない
- ・ 外から絶えず燃料を入れる
それを止めれば反応は止まる



核融合発電のしくみ



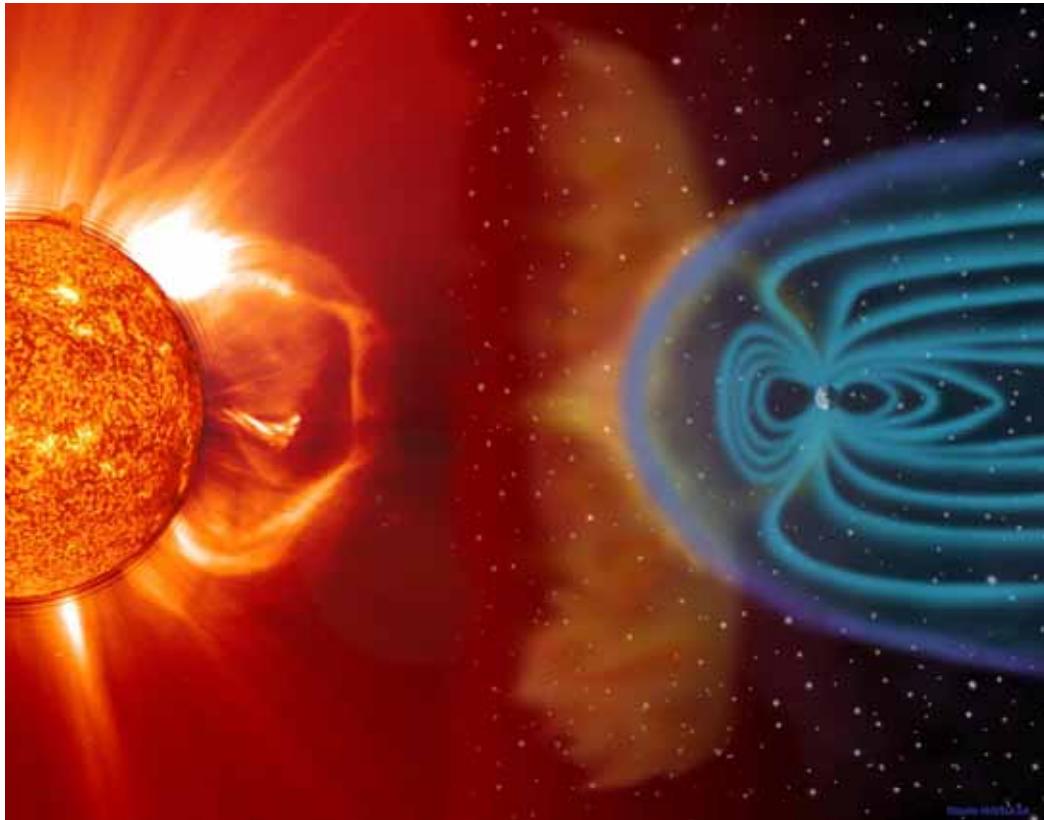
数億度のプラズマ中で核融合エネルギーが発生

- (1) 中性子から機器を守る
- (2) 核融合エネルギーを熱に変化させる。
- (3) 核融合で発生する中性子で燃料の三重水素を作る

3. 地上で核融合エネルギーを起こすにはどうするの？
プラズマって何？ 装置はどうなっているの？

太陽のエネルギーは核融合エネルギー

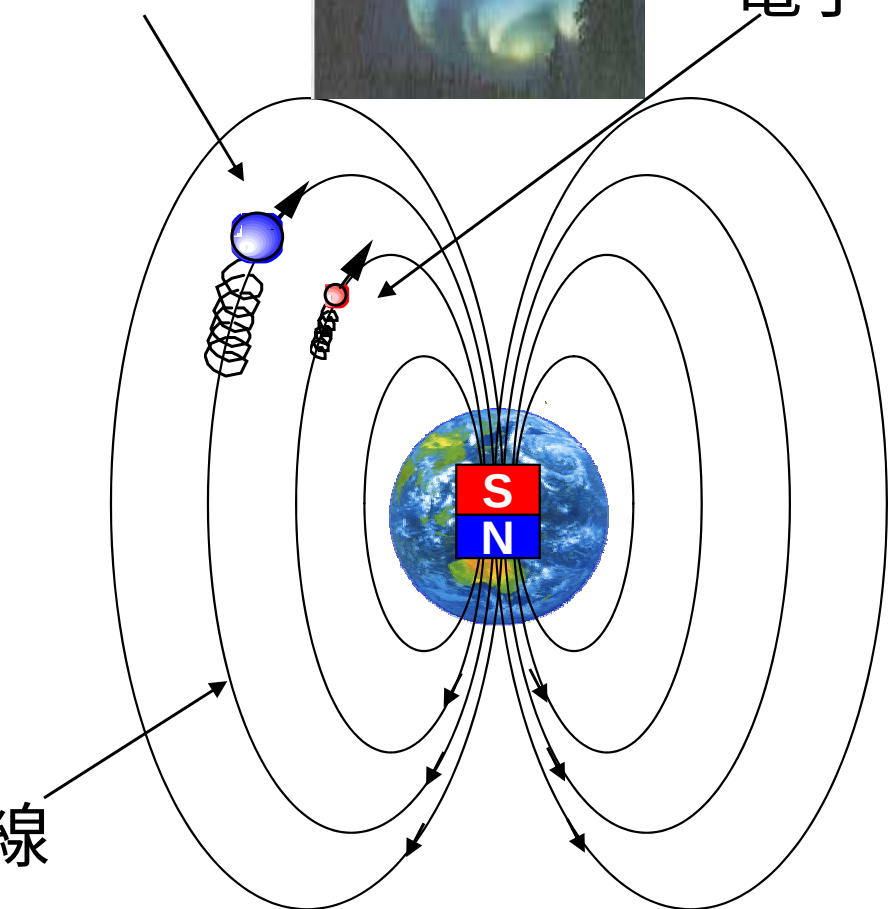
- ・太陽の中：高温のプラズマ、水素がヘリウムに変化
- ・太陽風（太陽からの荷電粒子）のエネルギーの一部は、地磁気を乱したり、オーロラになる
- ・荷電粒子のこの性質を利用してプラズマを閉じ込める器を作る



磁力線

イオン

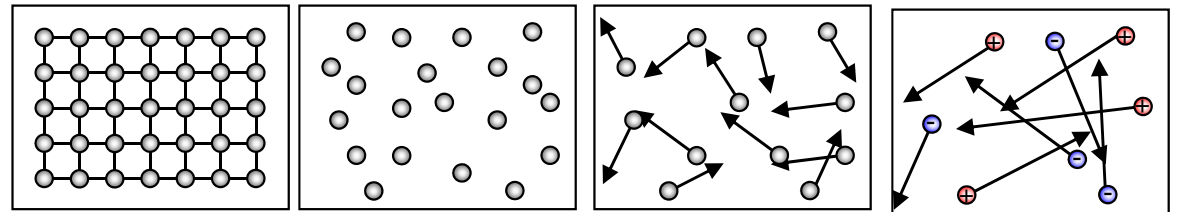
電子



どうやって、核融合を起こせるか？



1万度を超えるとどんな物も
電子とイオンに分離 (プラズマ状態)



固体

液体

気体

プラズマ状態

宇宙の構成物質の99%以上がプラズマ状態



物質の温度を上げて行
くとプラズマになる

0度 100度

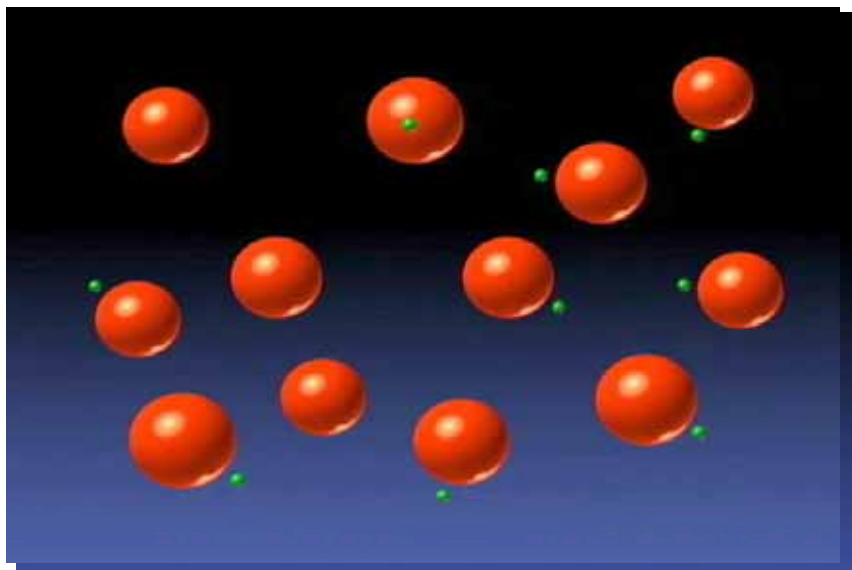
数千度

氷 水 水蒸気

電離ガス

固体 液体 気体

プラズマ



意外と身近なプラズマ



雷

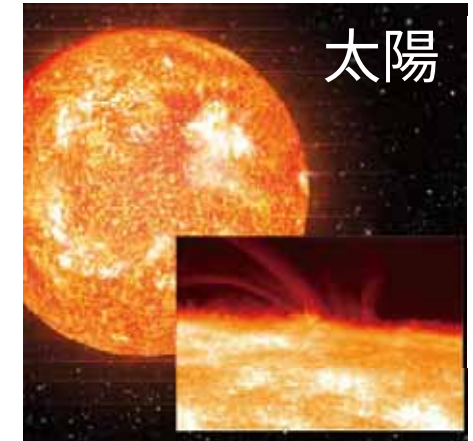
自然界のプラズマ



オーロラ



彗星



太陽



星雲

かに星雲

猫の目星雲

うみへび座

タランチュラ星雲

宇宙のプラズマ

暮らしのなかのプラズマ

蛍光灯



ネオンサイン



炎

プラズマテレビ



ガスコンロ



着火装置

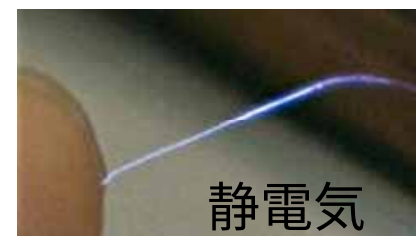
プラズマボール



ヘッドライト



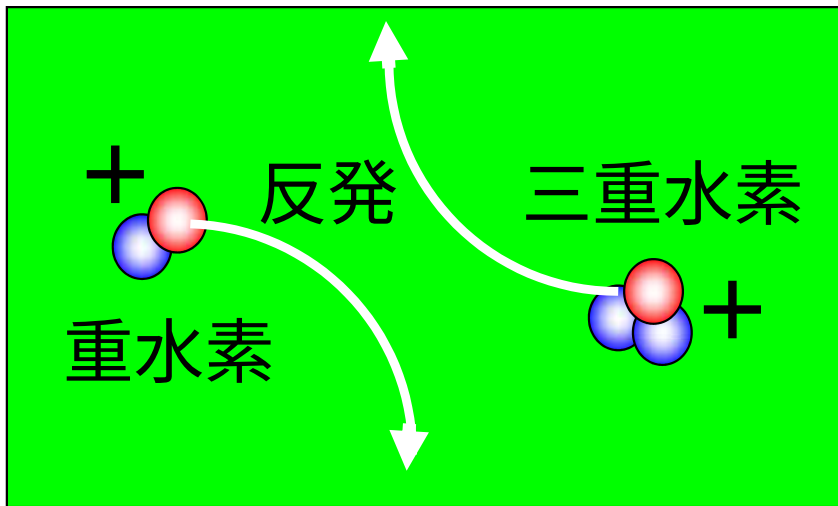
静電気



平成22年科学技術週間 一家に1枚シリーズ「プラズママップ」

核融合には1億度以上の超高温が必要

磁力線の器で閉じ込める

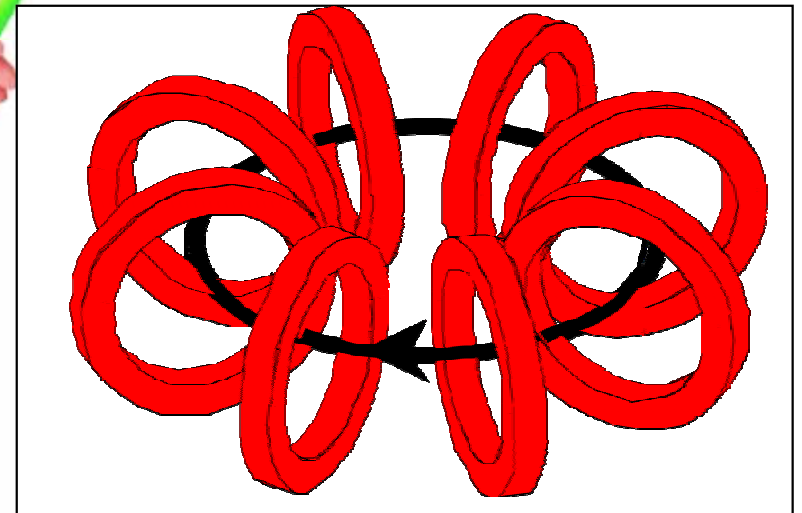
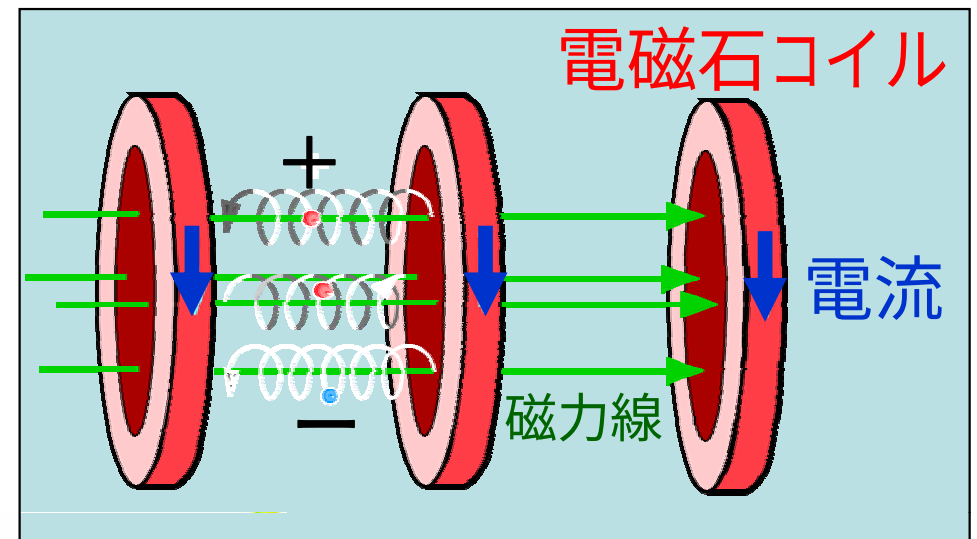


プラス同士の反発に打ち勝ってくっつけるほどの速さが必要

高速の状態＝高温

燃料を1億度以上！

コイルをぐるっとまわすのだ

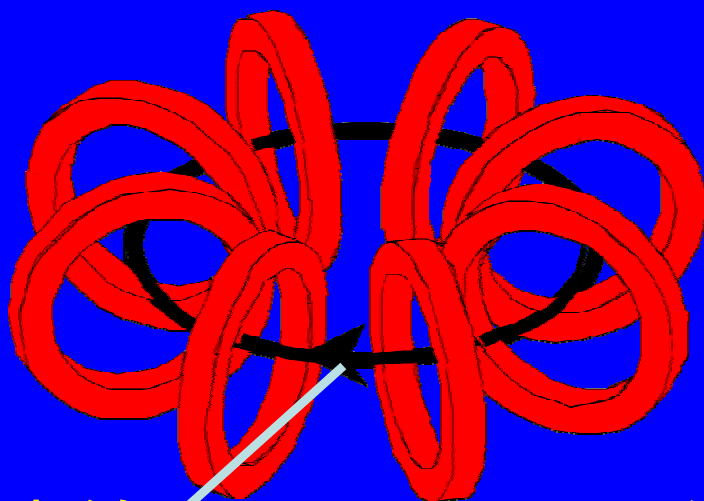


トカマク型磁場閉じ込め装置



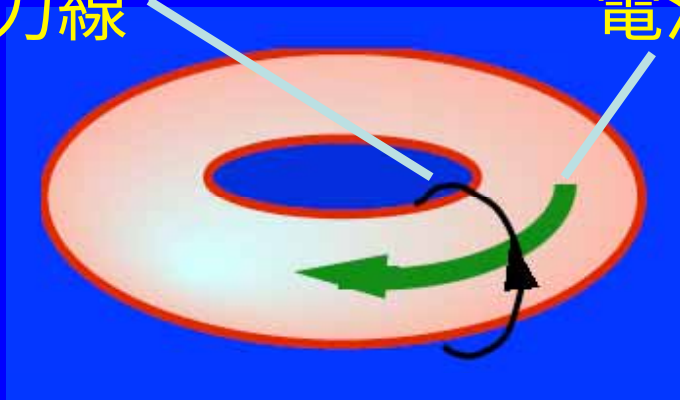
プラズマ中に電流を流して磁力線をらせん状にするのが鍵

トロイダル磁場コイル

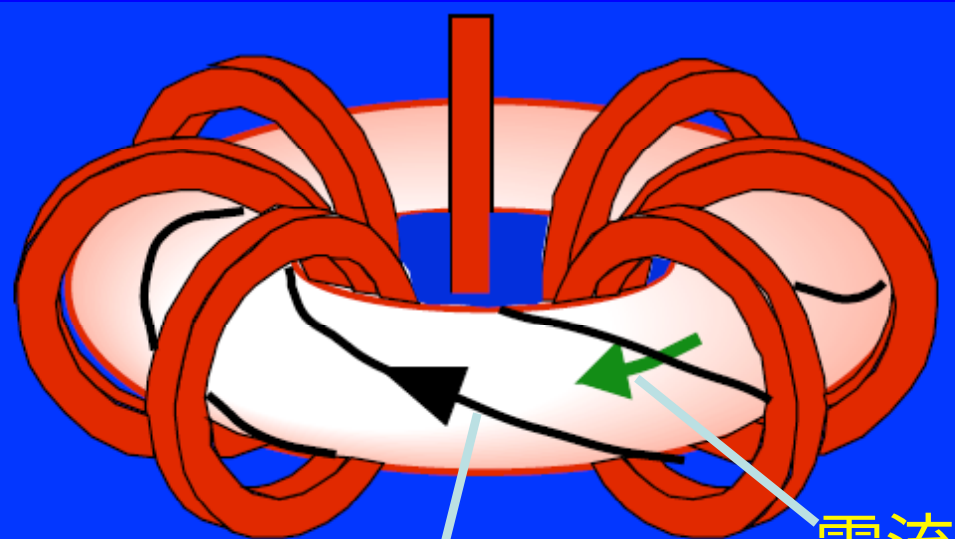
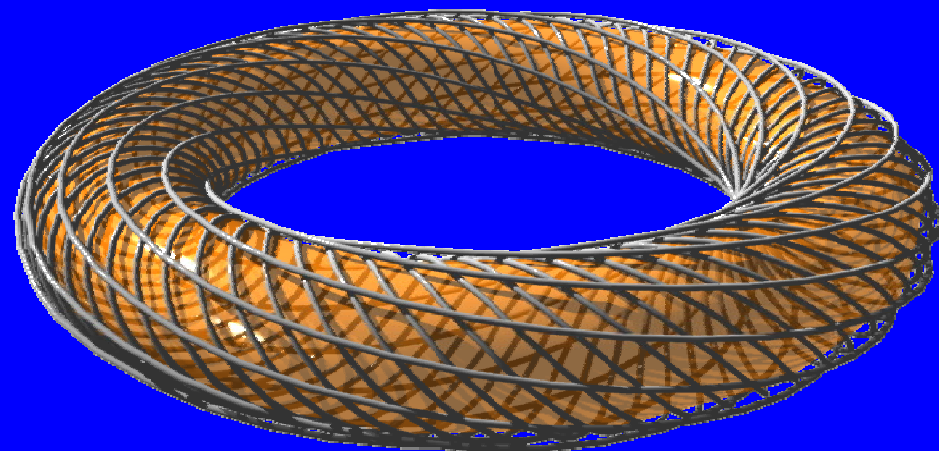


磁力線

電流



ドーナツ状のプラズマに電流



電流

ねじれた磁力線で閉じ込める

4. どこまで研究は進んでいるの？ これからどうするの？

核融合の実験装置、ITER計画、幅広いアプローチ活動



臨界プラズマ試験装置JT-60

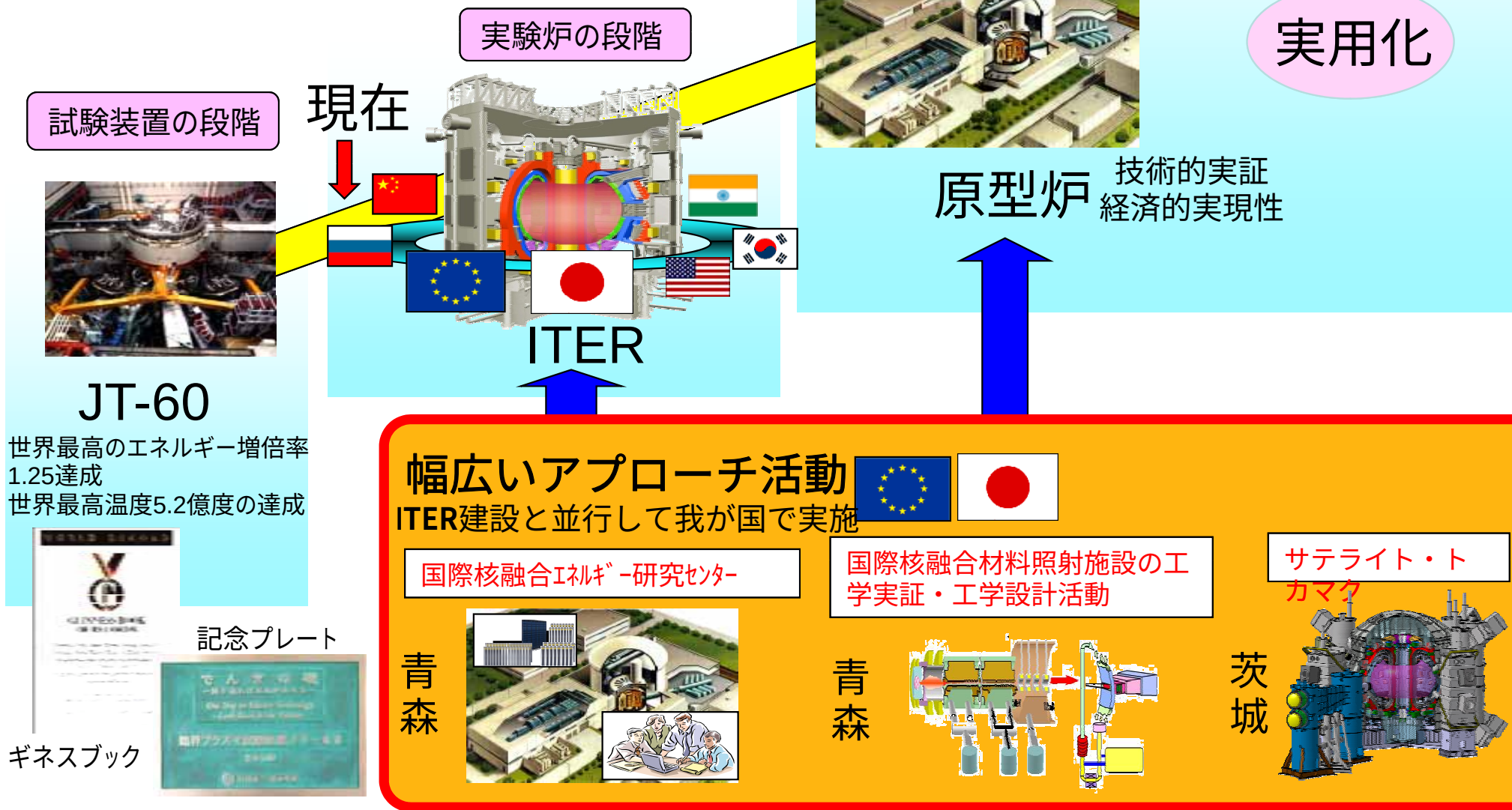


臨界プラズマ試験装置 JT-60

これからの核融合研究開発のステップ

●我が国はITER（国際熱核融合実験炉）を進めるとともに、それと並行して幅広いアプローチ活動を欧州と協力して進めています。

●幅広いアプローチ活動は、ITERを支援し、原型炉に向けた技術基盤を構築する日欧共同のプロジェクトです。青森県六ヶ所村と茨城県那珂市で実施します。



国際熱核融合実験炉ITER計画



建設地：仏カダラッシュ

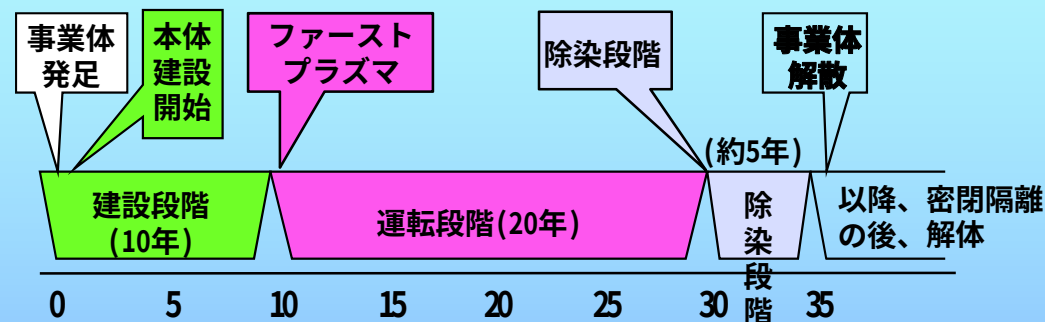
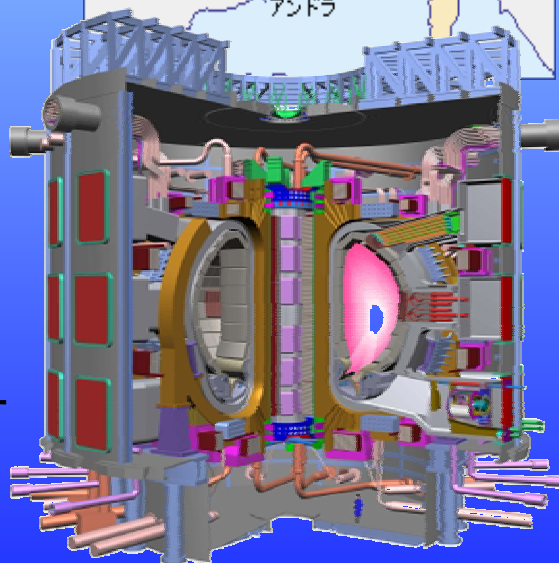


機構長

池田 要氏

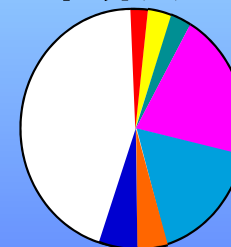
ITER
核融合エネルギー
の実証

(直径30m)

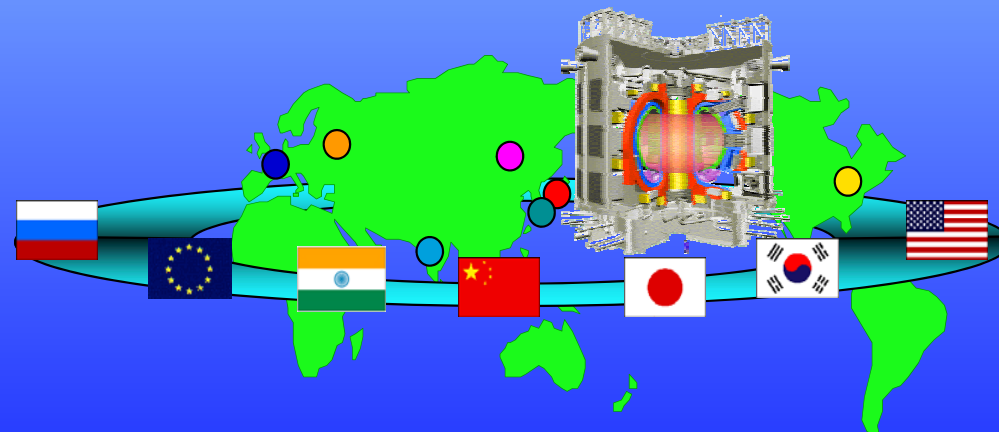


世界人口の56%、
世界GNPの80%の
英知を結集

世界人口



世界GNP



30年にわたる国際プロジェクト⇒我が国は準ホスト国とも言うべき役割を担なう

フランスのカダラッシュ



9年後



ITER国際チーム



青森県で展開する核融合エネルギー研究センター (幅広いアプローチ (BA) 活動)

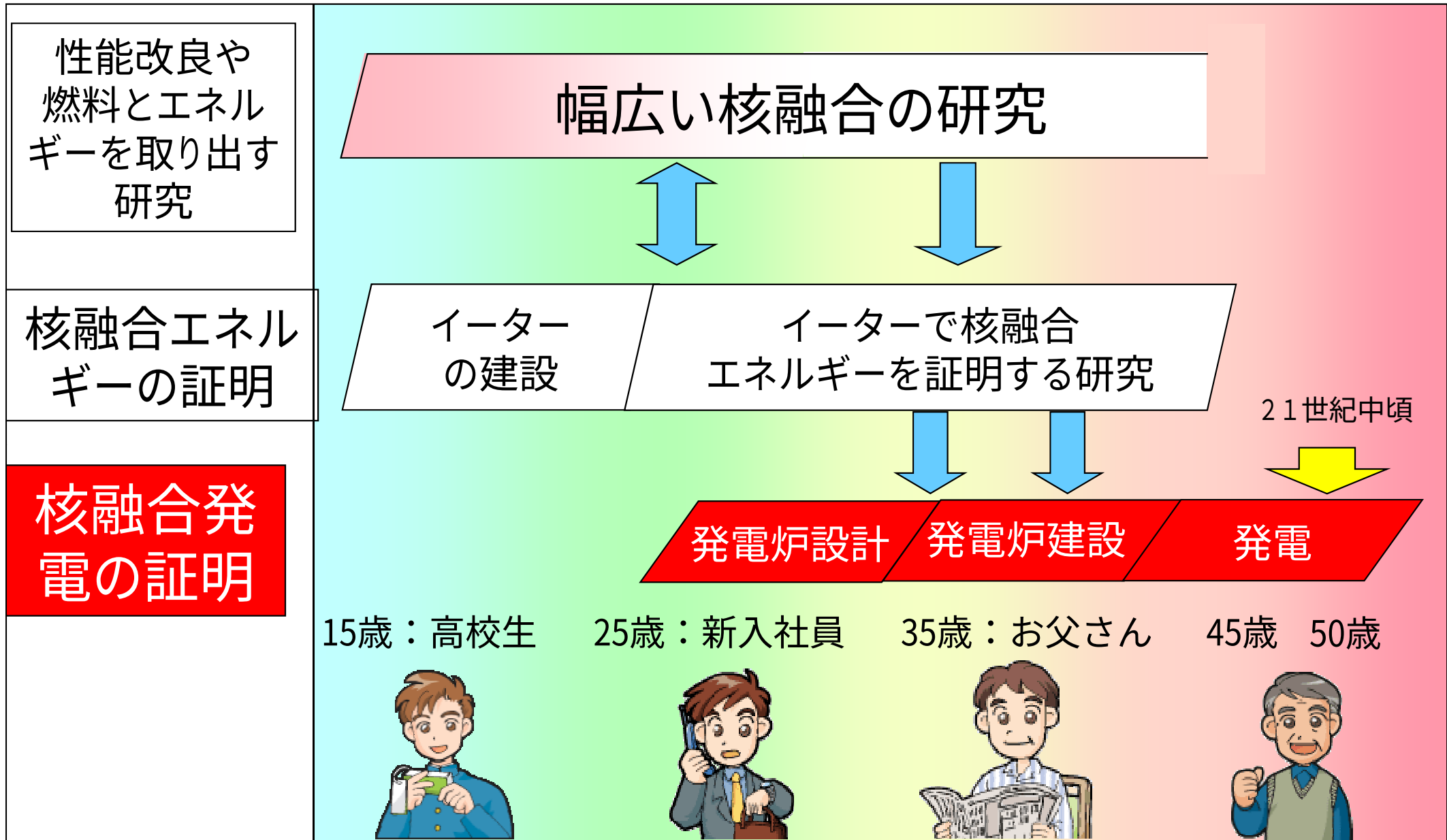


これからの核融合研究
カダラッシュ・那珂・六ヶ所の3拠点を展開



バーチャルツアー

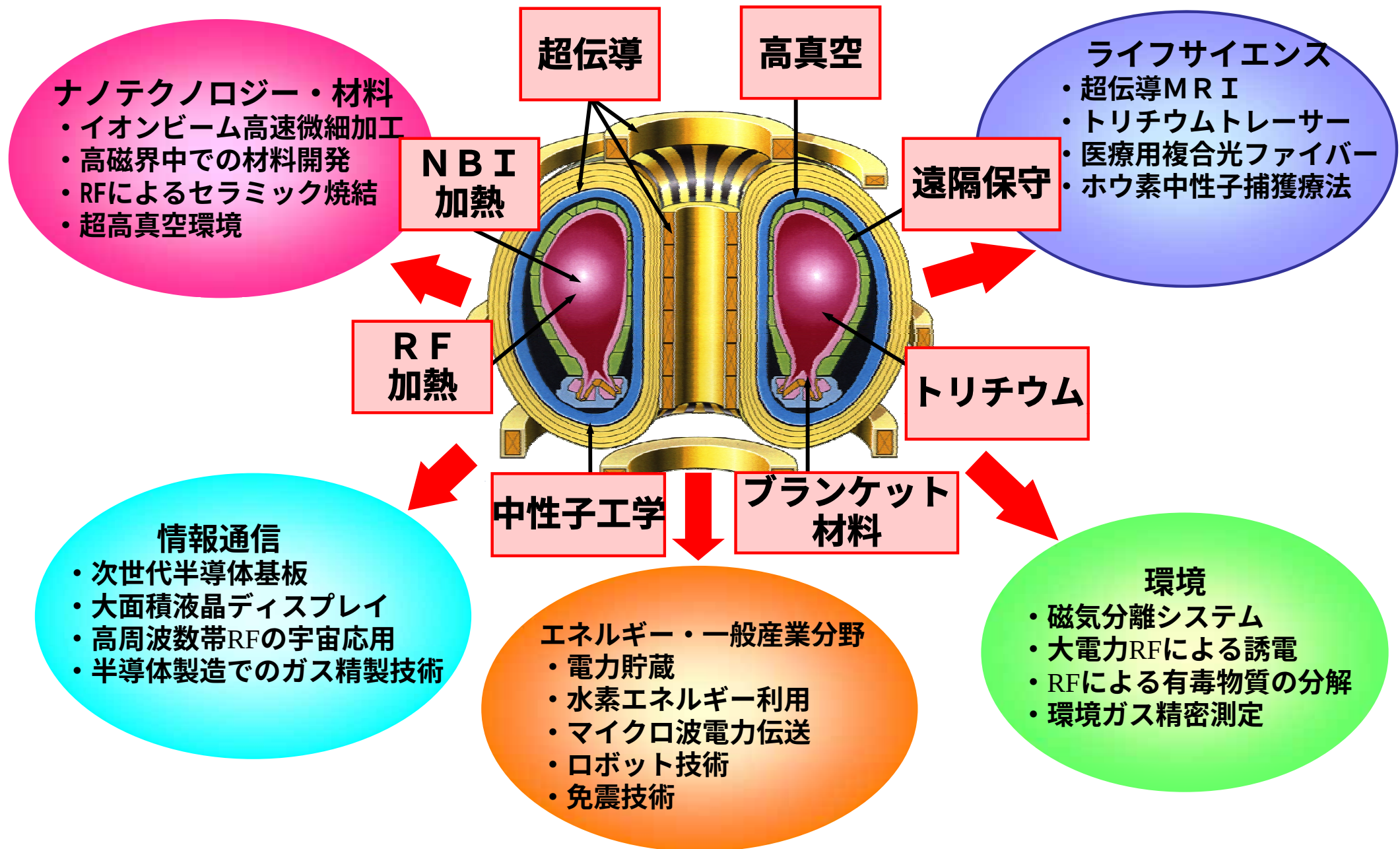
核融合発電はいつできる？



5. プラズマの技術・核融合の技術は何の役に立つの？

人工ダイヤモンド、環境・医療、ナノテク、
波及効果と応用（一例としてロケットも）
私も制作に関わったプラズママップの裏話

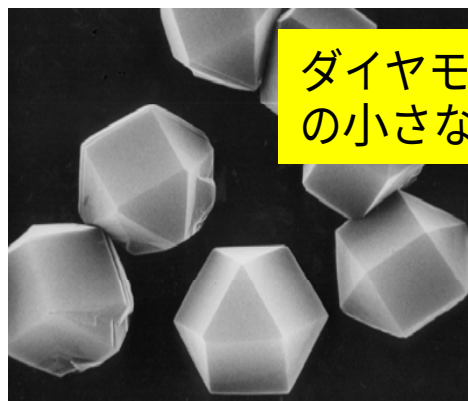
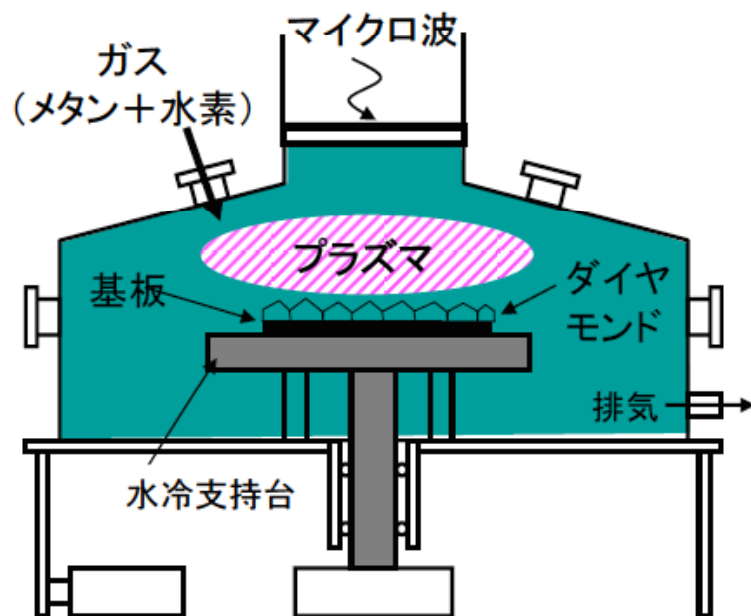
核融合の技術の応用・波及効果



プラズマから作る人工ダイヤモンド

プラズマのナノテクノロジー技術の応用

プラズマ気相成長法 (プラズマCVD)

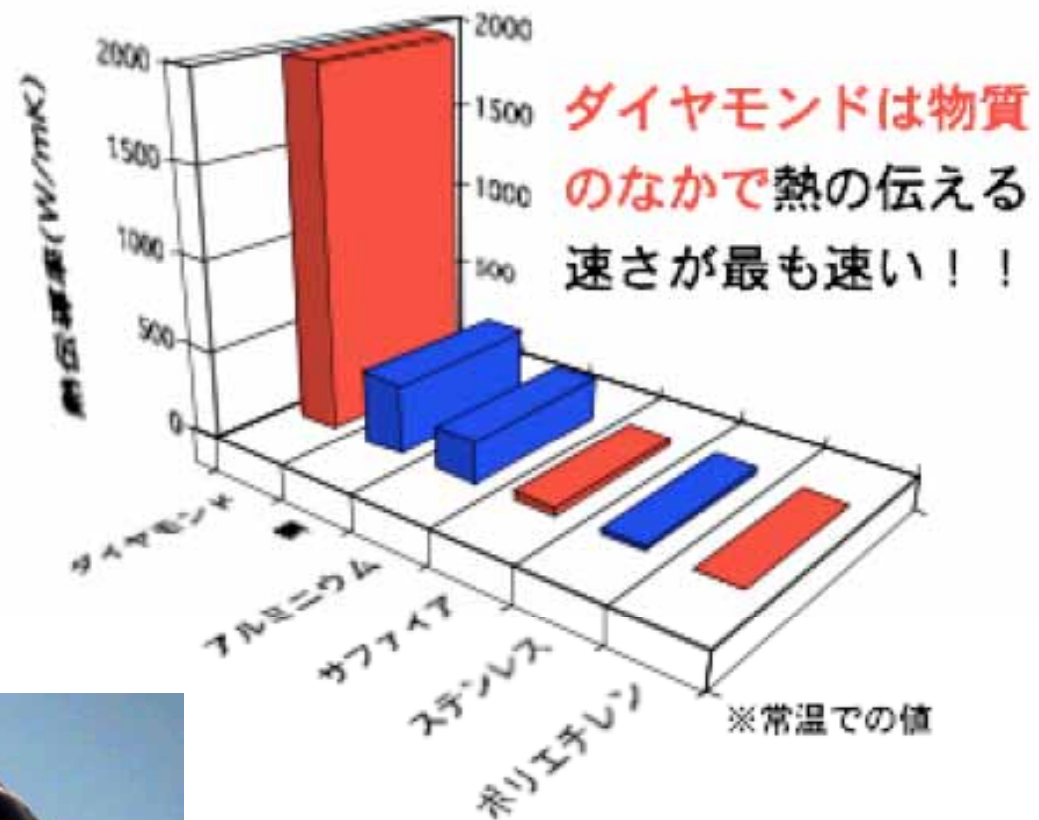


ダイヤモンドの小さな粒



直径10cm、厚み2~3mm、重さ300カラットの人工ダイヤ

ダイヤモンドの特徴



電気は通さないのに熱を良く通す

Diamond Disk

Demonstration of cutting ice block by artificial diamond disk

ダイヤモンドで氷を切る

Diamond Disk

Sapphire Disk

Comparison with thermal conductivity between diamond and sapphire

人工ダイヤモンドを利用したジャイロトロンというプラズマ加熱装置

周波数は電子レンジの70倍、パワーは2000倍

ジャイロトロン：
電子サイクロトロン
メーザーの原理を利用
したマイクロ波管

H20年に国立科学博物館重要技術資料(未来技術遺産)に、新幹線、電卓、ワープロなどと共に登録されました。

高さ : ~3m
重量 : ~800kg



プラズマを1億
度に加熱します

コレクター

ダイヤモンド窓

モード変換器

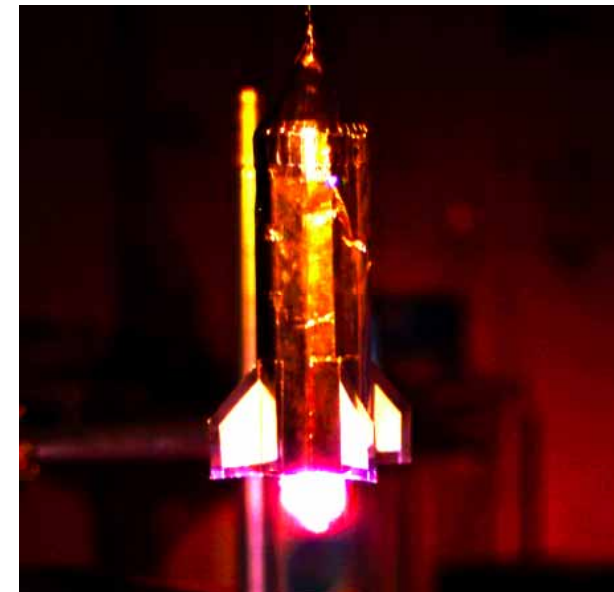
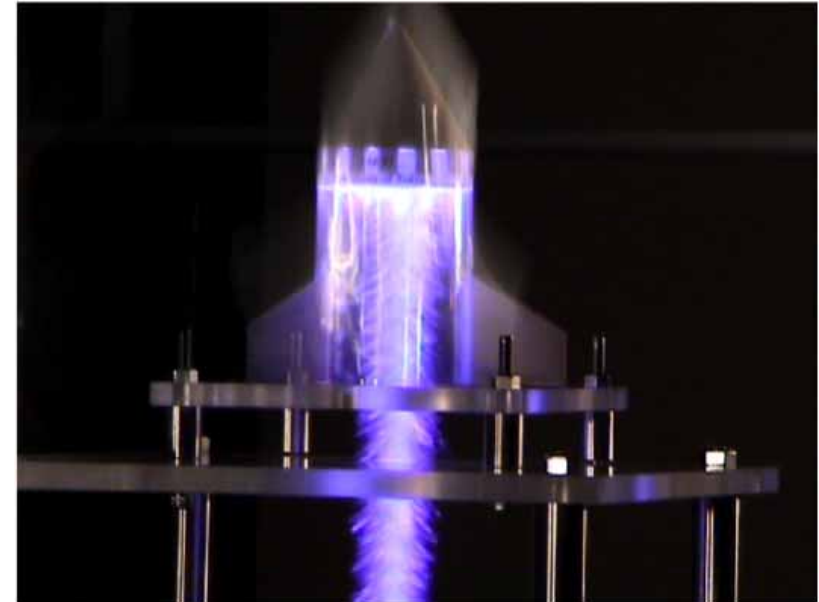
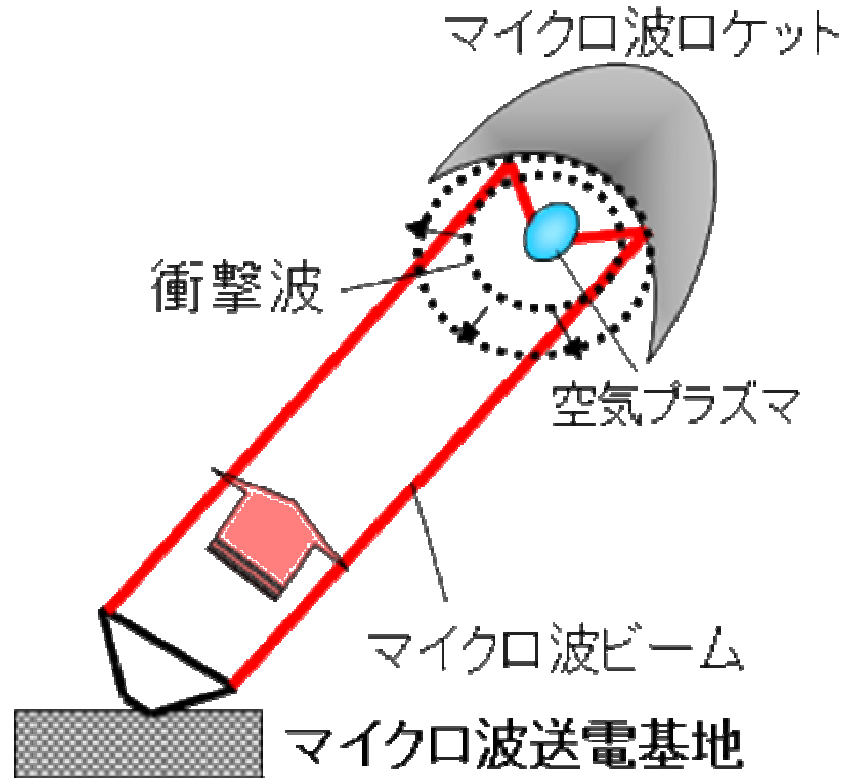
空洞共振器

電子銃

核融合技術の中の高出力マイクロ波を用いたロケットへの応用

(東京大学との共同研究)

3月に日曜日夕方の某テレビ番組で紹介されました



マイクロ波ロケットでは、地上から照射される高出力マイクロ波のパルスビームをロケット内部で集光し、空気中に温度約1万度のプラズマを発生させます。このとき、付近の空気はプラズマにより強く熱せられて爆発的に膨張します。マイクロ波ロケットは、プラズマで生じた高温の空気をロケット後方に排気することにより推進力を発生させることができるのです。

プラズママップ裏話

- マップの中に急遽私が撮影した写真があります。
- 最初の案は文字がぎっしり詰まった難しい読み物でした。
→ 全面改定で、文字を少なくカラフルにしました！
- マップの軸を何にするかで大議論しました。
- 写真の配置にも意味があるんですよ。
- 案を各家庭に持ち帰り、一般的な感覚で意見を聞きました。小学生の意見も入っています。
- 所々に遊び心が入っています。人気アニメ風、街で暮らす人たち、さりげなく核融合発電炉
- ボツになった写真は数知れず。色と形が決め手です。
- 非常に多くの方が協力してくださりました。
- 出来映えや評判によっては、来年度は無しにするとおどされていました。
- 集まって議論、メールで議論、卒業シーズンの忙しいときに先生たちはかかりきりでした。

4月18日(日)に、つくばエキスポセンターで小学生向けに実験を交えながら、プラズママップの話をします。第11回ミーツ・ザ・サイエンス、「身近なプラズマ、宇宙のプラズマ、そして核融合プラズマへ」

詳しくは、つくばエキスポセンター又は原子力機構那珂核融合研究所のHPへ

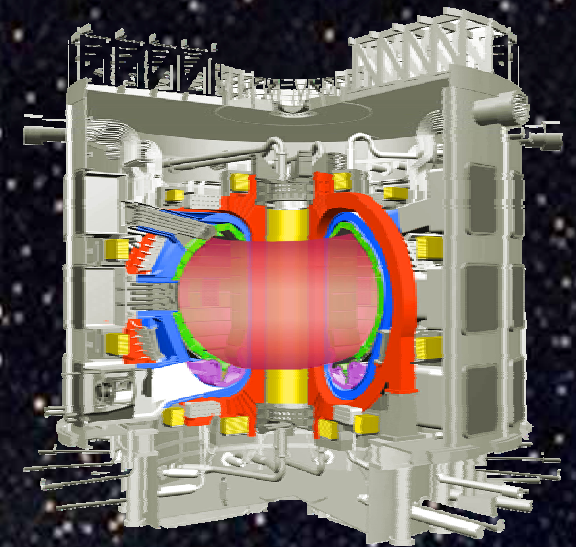
(<http://www.expocenter.or.jp/>)

(<http://www.naka.jaea.go.jp/>)

みなさんの感想をお聞かせください

さいごに

核融合エネルギーの研究開発は、これまで非常に困難な道のりでしたが、アイデアと地道な努力で克服し、エネルギーとして見通せる段階にきました



私たちには、先進的な技術開発を行いITER計画を成功に導き、幅広いアプローチ活動など日本で行われる核融合エネルギー研究を通し、未来の究極のエネルギー「核融合」を実現させる「夢」があります。



豊かな地球環境を、私たちの子どもに残すため、一刻も早い核融合エネルギー実現に向けて、情熱を持って研究していきます。

多くの方のご声援を力に変えたいと思います。