

Conceptual design of biomass hybrid fusion reactor: GNOME

伊庭野健造<sup>1</sup>, 宇藤裕康<sup>2</sup>, 飛田健次<sup>2</sup>, 山本靖<sup>1</sup>, 小西哲之<sup>1</sup>  
京大エネ研<sup>1</sup>, 原子力機構<sup>2</sup>

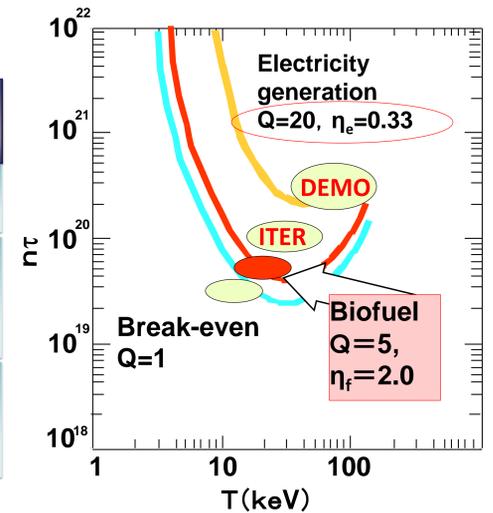


$Q \geq 20$ は必要か？

電力変換効率  $\eta \sim 0.33$  ならば  $Q \geq 20$

エネルギー変換効率  $\eta \sim 2$  のバイオマス処理プロセスを考えれば  $Q \sim 5$

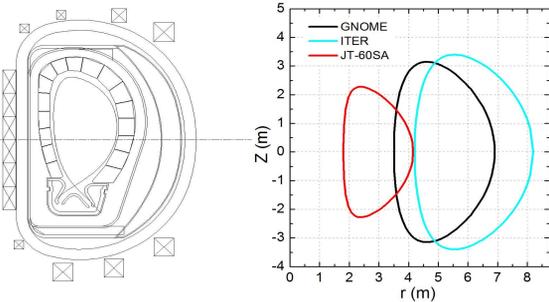
ハイブリッドを想定した核融合炉が、どのようなサイズ・技術で実現できるか、概念設計を行った。



ローソン図におけるGNOME炉のターゲットエリア

## 炉パラメータの決定・設計

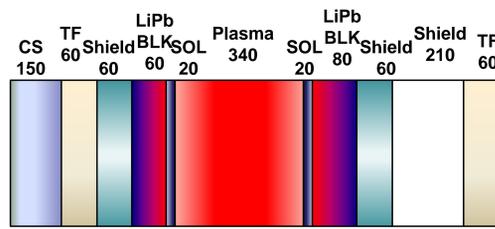
## 中性子挙動・TBRの解析



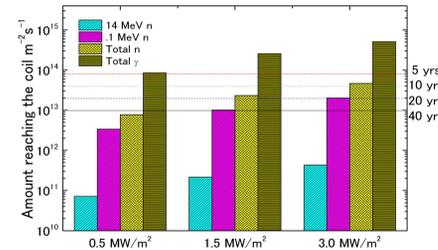
CADによる設計図 プラズマ形状の比較

設計されたGNOME炉のパラメータとITERの比較

	ITER	GNOME
大半径 $R_p$	6.2 m	5.2 m
小半径 $a_p$	2 m	1.7 m
アスペクト比 $A$	3.1	3.1
プラズマ体積 $V_p$	837 m <sup>3</sup>	547 m <sup>3</sup>
プラズマ電流 $I_p$	15 MA	10.4 MA
トロイダル磁場 $B_t$	5.3 T	4.4 T
平均温度 $\langle T_e \rangle$	8.9 keV	13 keV
閉じ込め改善度 $HH_{y2}$	(1.0)	1.4
規格化ベータ $\beta_N$	(1.5)	3.1
規格化密度 $f_{GW}$	(0.7)	0.54
核融合出力 $P_{fus}$	500 (250) MW	324 MW
電流駆動パワー $P_{CD}$	73 (20) MW	61 MW
中性子壁負荷 $P_n$	0.57 MW/m <sup>2</sup>	0.48 MW/m <sup>2</sup>



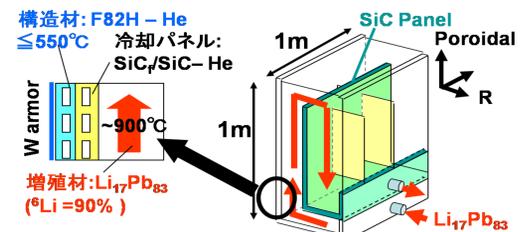
設計された主半径方向断面図(Radial Build)



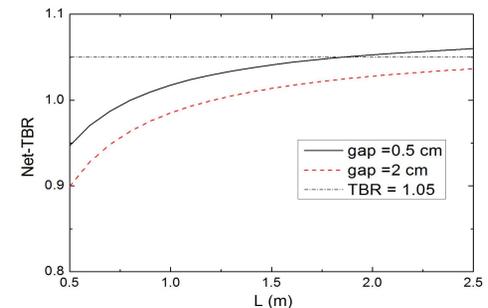
TFコイル絶縁体に到達する熱中性子量 また、そこから推察される寿命

Radial Buildを基にANISN, FENDL2.0断面積データを用いて中性子挙動を計算した。

40年弱は、TFコイル絶縁体への限界照射量  $1 \times 10^{22}$  neutrons/m<sup>2</sup>に到達しない。



LiPbブランケットのイメージ図

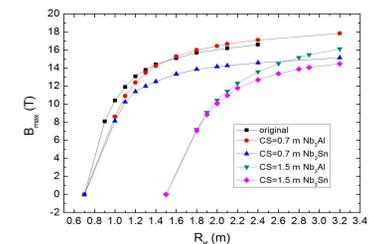


ダイバータモジュールの大きさと、Net-TBR

液体LiPbブランケット (Li<sup>6</sup> 90%) を想定して、モジュール長  $\sim 1.6$  m、モジュール間0.5 cm程度ならNet-TBR 1.05が達成される。

## コイル磁場の解析

## ダイバータ熱・粒子負荷の予測

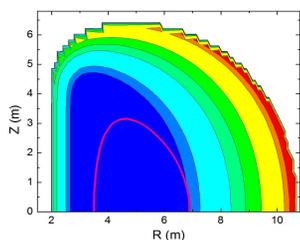
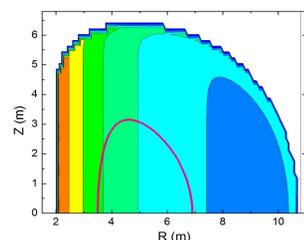


SCONEコード[1]で計算された最大磁場値

TFコイルからプラズマエッジまでの距離  $R_{tf}$  の関数として  $B_{max}$  を計算

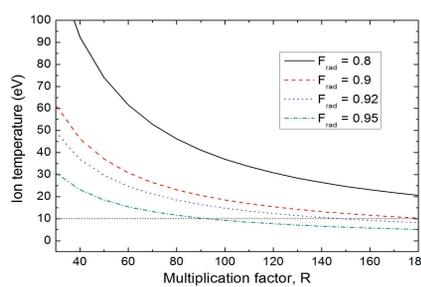
CSコイル直径=1.5 m、 $R_{tf}$ =1.7 mでは  $Nb_3Sn$  と  $Nb_3Al$  に大差はない。

[1] 宇藤裕康 and et al, プラズマ核融合学会第26回年会, 3pD36P



TOROINDコードで計算されたTFコイルによる磁場とリップル最大箇所における値分布

TFコイルによる磁場を計算し、コイル断面上、コイル間断面上の磁場を比較したリップル分布を求めた。



2点モデルによって計算されたダイバータ板でのイオン温度と粒子増倍率の関係

2点モデル[2]で計算

高リサイクリングで高放射損失率ならば10 eV以下が実現する。

$F_{rad} = 0.8$ ,  $R = 110$  ならば、熱負荷は4 MW/m<sup>2</sup>程となる。(傾き24.5°を想定)

[2] 清水勝宏、滝塚典典, J. Plasma fusion Res. 80 (2004) 183-189

2点モデル計算式

X点における粒子束  $f_{in}$  と熱流束  $q_{in}$  の2点からダイバータでの様々な物理量を計算する。

$$\text{プラズマ温度 } T_{div} = \frac{q_{||X}(1 - F_{rad})}{\gamma R f_{||X}}$$

$$\text{プラズマ密度 } n_{div} = R \frac{f_{||X}}{\sqrt{2T_{div}/m_i}}$$

ダイバータ全体への熱流束

$$q_{||d} = (\gamma n_{div} T_{div} + n_{div} E_{ion}) \sqrt{2T_{div}/m_i}$$

ダイバータ板への熱負荷

$$q_{target} = q_{||d} (B_p/B)_{div} \sin \alpha$$

## まとめと今後の展開

バイオマスハイブリッドコンセプトに基づいて、ITERからの飛躍的な技術の仮定なく、正味のエネルギー生成を行える炉が設計された。

ELMやディスラプションによる熱・粒子負荷がダイバータ板に及ぼす影響を解析し、寿命や交換頻度に関する評価を行う。