

～核融合炉の発電能力・経済性を決めるダイバータの研究開発を加速するパイロット装置を製作～
フュージョンエネルギーへの取組み、ダイバータ新材料の開発について
～高耐熱・高熱伝導性を有するカーボン材料への開発について、共同研究を開始～

国立大学法人筑波大学（所在地：茨城県つくば市、学長：永田 恭介、以下「筑波大学」）では、筑波大学設立から間もない1979年にプラズマ研究センターを設置し、旧東京教育大学時代から進めてきたミラー磁場閉じ込めをキーとして、フュージョンエネルギー（プラズマ核融合）研究に取り組んでいます。この度、三菱ケミカル株式会社（本社：東京都千代田区、社長：筑本 学、以下「三菱ケミカル」）とダイバータ向け新規カーボン複合材料の開発および評価・実証と社会実装に関する共同研究を開始しましたので、フュージョンエネルギーへの取組みも含めて、お知らせいたします。

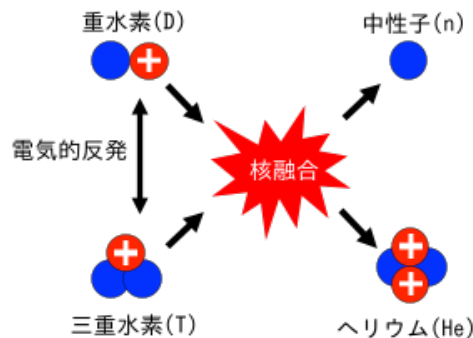
【要旨】

- ・「地上の太陽」とも言われるフュージョンエネルギー（核融合反応）は、環境に適合し安全で、かつ資源（海水）は無尽蔵であることから、内閣府より「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」が策定され、2030年代発電実証に向けて研究開発が進みつつある。
- ・文部科学省より「原型炉開発に向けたアクションプラン」が策定され、原型炉研究開発のロードマップが示されたが、核融合炉の真空容器内で最も過酷な負荷にさらされる機器「ダイバータ」の成否が核融合炉の発電能力・経済性を決める。ダイバータ研究開発を戦略的に加速するには、ダイバータ級定常高密度プラズマ実験装置が必要で、筑波大学では世界最大の装置で他の直線型装置ではできない、核融合炉に匹敵する高温のプラズマを生成可能な GAMMA 10/PDX の製作・実験実績があり、新たにパイロット装置”Pilot GAMMA PDX/SC”を用いた研究計画を策定し、装置の設計、製作を進めている。
- ・従来のタンゲステンに替わるダイバータ材料として、高耐熱・高熱伝導性を有するカーボン（新規炭素複合）材料への開発について、三菱ケミカル株式会社と共同研究を開始した。

筑波大学はプラズマと材料との相互作用研究に強みがあり、耐熱温度が高く、耐プラズマ性能を満足する新しい材料が開発されれば、核融合炉の運転領域を拡張することが可能となり、まさにゲームチェンジャーとなり得る。この研究で得られた成果は、核融合炉用途にとどまらず、航空宇宙や半導体分野等に幅広く展開が可能となる。

■エネルギー問題解決策としてのフュージョンテクノロジー

フュージョンエネルギー(核融合反応)とは、軽い原子核同士が融合してより重い原子核に変わる反応です。例えば水素の同位体である重水素(D)と三重水素(T)の原子核が融合する DT 核融合反応(下図)では、ヘリウムと中性子ができます。重水素 1g 分の DT 核融合反応で石油約 8 トン分のエネルギーが発生します。太陽や星はこのエネルギーで輝いており、「地上の太陽」とも言われています。



フュージョンエネルギーは、①カーボンニュートラル(発電の過程において二酸化炭素を発生しない)、②豊富な燃料(燃料は海水中に豊富に存在し、ほぼ無尽蔵に生成可能な上に、少量の燃料から膨大なエネルギーを発生させることが可能)、③安全性(燃料の供給や電源を停止することにより反応が停止)、④環境安全性(発生する放射性廃棄物は低レベルのみであり、従来技術による処分が可能)という特徴を有することから、エネルギー問題と地球環境問題を同時に解決する次世代のエネルギーとして期待されています。また、燃料の生成源となる海水は地球表面の3分の2を覆っており、技術さえ保有していれば多くの国が燃料を生成することが可能です。

このような背景から、令和5年4月に内閣府より「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」が策定され、「小型化・高度化等をはじめとする独創的な新興技術の支援策を強化」、「ムーンショット型研究開発制度による挑戦的な研究開発を推進」等が謳われています。

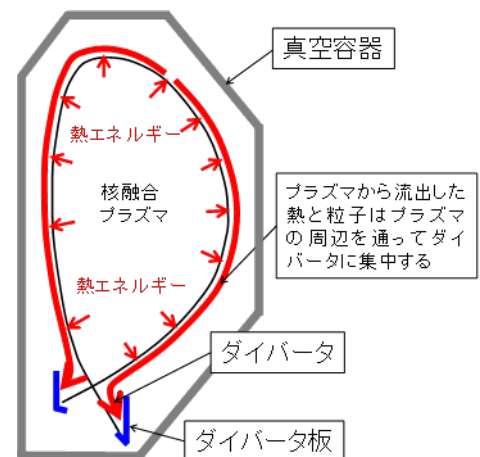
<参考文献>https://www8.cao.go.jp/cstp/fusion/fusion_senryaku2506.pdf

■筑波大学の役割、Pilot GAMMA PDX/SC によりダイバータ研究開発を加速

上記に加えて、文部科学省より「原型炉開発に向けたアクションプラン」が策定され、原型炉を実現するために必要な開発項目が示されました。

<参考文献>https://www.mext.go.jp/content/20241101-mxt_kaisen-000038575_c04.pdf

核融合炉内(真空容器内)では高温・高密度のプラズマ内部で核融合反応が起こり、膨大なエネルギーが発生します。このプラズマから流出した熱と粒子は、真空容器内に設置されたダイバータに集中します。その熱はロケットが大気圏に突入した際に受けるものに匹敵するため、装置を健全に保つためにダイバータには優れた除熱性能が求められます。このようにダイバータは核融合炉の成否を決める重要な機器です。



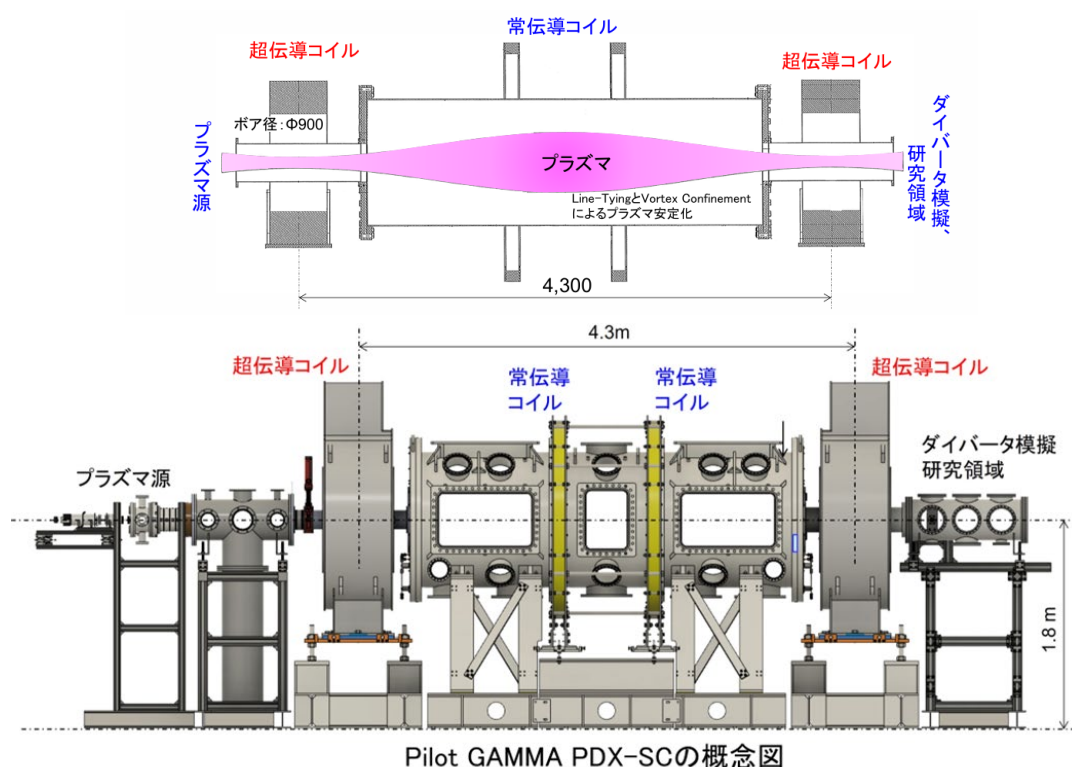
ダイバータの概念図

このため、「原型炉に向けたアクションプラン」にもダイバータ研究開発のプランが書かれており、ダイバータ研究開発を戦略的に加速するためには、ダイバータ級定常高密度プラズマ実験装置を製作し、その実験を通して、安定した非接触ダイバータ生成に必要な物理機構等を解明し、物理モデル、シミュレーションコードを高度化して原型炉ダイバータを外挿することが必要となります。

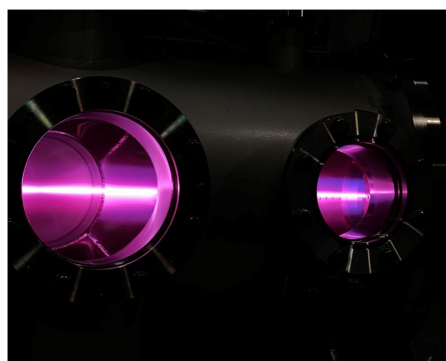
筑波大学では世界最大の装置で他の直線型装置ではできない、核融合炉に匹敵する高温のプラズマを生成可能な GAMMA 10/PDX の製作・実験実績があり、新たにダイバータ級定常高密度プラズマ実験装置のための原理検証のために、パイロット装置”Pilot GAMMA PD/SC (PGX-SC)”を用いた研究計画を策定し、装置の設計、製作を進めています。

[PGX-SC プロジェクト | 筑波大学 プラズマ研究センター](https://www.prc.tsukuba.ac.jp/ja/%e6%96%b0%e8%a3%85%e7%bd%ae%e3%83%97%e3%83%ad%e3%82%b8%e3%82%a7%e3%82%af%e3%83%88/)

<https://www.prc.tsukuba.ac.jp/ja/%e6%96%b0%e8%a3%85%e7%bd%ae%e3%83%97%e3%83%ad%e3%82%b8%e3%82%a7%e3%82%af%e3%83%88/>



Pilot GAMMA PDX-SC



ファーストプラズマの写真（拡大）

■筑波大学の強み、ゲームチェンジャーとなり得る、新たなダイバータ材料の開発

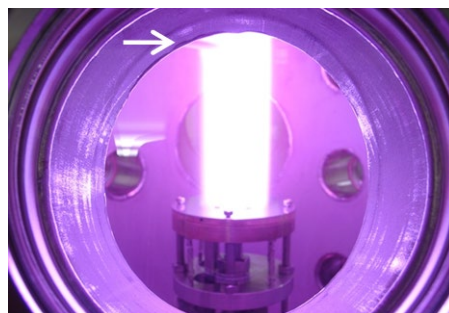
従来のタングステンに替わるダイバータ材料として、高耐熱・高熱伝導性を有するカーボン(新規炭素複合)材料への開発について、三菱ケミカル株式会社と共同研究を開始しました。

<2026年4月10日リリース>https://www.mcgc.com/news_release/pdf/02604/02853.pdf

タングステンとはプラズマ照射に対して損耗が少なく、高融点という特徴があるのですが、材料の再結晶化の問題から使用できる温度の上限が約1,200℃と課題を抱えています。耐熱温度が高く、耐プラズマ性能を満足する新しい材料が開発できれば、核融合炉の運転領域を拡張することが可能となり、まさにゲームチェンジャーとなり得ます。

筑波大学ではプラズマと材料との相互作用研究に強みがあり、今回開発されたカーボン複合材料の耐プラズマ性能の評価を、小型プラズマ装置を用いて行い、材料開発の指針を与えます。最適化されたカーボン複合材料を、GAMMA 10/PDX と Pilot GAMMA PDX-SC において実機試験を実施して、耐プラズマ性能を確認します。

この研究で得られた成果は、核融合炉用途にとどまらず、航空宇宙や半導体分野等に幅広く展開が可能となります。



小型プラズマ装置を用いたプラズマ照射試験の様子

【本件お問い合わせ先】

筑波大学広報局報道担当
茨城県つくば市天王台 1-1-1

E-mail : kohositu@un.tsukuba.ac.jp