



地上の太陽の実現に向けて -核融合研究の現状-

回答者：小林 真 (核融合科学研究所 ヘリカル研究部 装置工学・応用物理研究系 助教)

1. 地球上には無尽蔵に材料があるのに、太陽では46億年分の材料しかないのはどうしてでしょうか？

数万年、数億年といった遠い人類の未来を正確に予測することはできません。人類が文明社会を持つようになってからおおよそ5千年が経ち、将来を同じ程度の時間スケールで考えた場合に、地上の太陽に必要な燃料は無尽蔵であるという趣旨で述べました。

2. ヘリカル型の課題として挙げられている「プラズマの高性能」というのはプラズマの閉じ込め時間などのことでしょうか？

プラズマの性能という言葉の意味を教えてください。

核融合プラズマの点火、自己燃焼状態を維持するには、核融合三重積が一定の条件を越える必要があります。核融合三重積は、温度と密度とエネルギー閉じ込め時間の積で定義され、プラズマの性能を示す重要な指標の一つになっています。よって、より高い温度、密度のプラズマ、より長いエネルギー閉じ込め時間のプラズマを、より優れた性能を持つプラズマと言います。

3. もしこの核融合発電が実現すれば日本国内の電力をどのくらい賄えるものですか？

遠い将来は自然エネルギー以外の全てのエネルギーをまかなえると期待されています。また、核融合発電では、電力と燃料用の水素を生成できますので、電力以外のエネルギーも供給できます。

4. トカマクに比べてLHDはプラズマ軌道が複雑だと思います。低速なのでシンクロトロン放射は無いかもしれませんが投入エネルギー(電力)がより多く必要では無いでしょうか？

トカマク方式ではねじれた磁力線のカゴをつくるためプラズマ中に大電流を流す必要があります。このため、プラズマ外部から電力を常に供給し続ける必要があります。一方、ヘリカル方式ではその必要がないため、発電に必要な電力を抑えることが可能です。発電効率で言えば、より効率的と言われています。

5. 核融合による発電が実用化された場合、発電用の設備の大きさは現在の発電所の規模よりはるかに巨大なものが必要にならないでしょうか？

核融合発電では、取り出した熱エネルギーによって蒸気でタービンを回して発電するしくみは、火力発電所など他の発電方式と同じですので、発電用の設備は他方式に比べて巨大なものとはなりません。

6. 核融合科学研究所の本部が必ずしも交通至便とは言えない岐阜県土岐市にあるのはどういった歴史的、地理的要因があるのでしょうか。

元は名古屋大学のプラズマ研究所の移転計画から始まり、その後、文部省（現在の文部科学省）の直轄研究所としての核融合科学研究所の計画に発展し、岐阜県土岐市の下石地区に設立されました。輸送、冷却水、電力等の設備面の条件も整っていたので、立地場所として最適と判断されました。

7. 核融合発電の社会での実用レベルを100とすると、現在の研究レベルはどこに位置しますか。また、ざっくりと、何年後に社会での実用ができる見込みですか。

発電できるプラズマを生成するということであれば、山に例えますと、8合目まできています。核融合発電の実証は今世紀中葉と予想されています。世界的には、現在、国際協力でフランスに建設中のITERが、2025年に完成する予定であり、プラズマからエネルギーを発生させる実験が2035年以降に行われる予定です。その結果を受けて、核融合発電を実証するための発電炉が建設される見込みです。

8. 聞き逃してしまったかもしれませんが、地上の太陽の Downside は何ですか？どんなものでもネガティブサイドがあると思います。

核融合炉では重水素と三重水素を燃料として発電を行います。三重水素は放射性物質なので、その取扱いは厳重にする必要がありますが、技術的に十分管理できます。また、核融合反応で発生する中性子により装置や周辺機器が放射化しますが、数十年（最短で30～40年程度）保管すると放射能レベルが低下して、炉材料として再利用することができる見通しです。このように、将来の発電所についての安全性、環境影響等の検討・評価も進んでいます。

9. 中国の核融合炉が最先端ですが、何故、これを述べないのですか？

核融合炉実現に向けた研究開発は、黎明期の頃から日米欧が中心となり進められてきました。近年、著しい経済成長を背景に、中国、韓国、インド等のアジア各国で核融合研究開発に大きな力が注がれるようになり、更に、中米においても研究が開始されるなど、核融合研究は世界的に拡大しつつあります。核融合科学研究所は、世界各国の研究所・大学と国際共同研究を進めており、中国の研究開発について特に述べないということはありません。今回は時間の関係で割愛いたしました。

10. 何故、中国と共同実験をしないのですか？ 方式にこだわっているのですか？ メンツにこだわっているのですか？

核融合炉の早期実現に向けて研究開発を行う国や機関は、何処も、二国間、あるいは多国間協力により研究を進めています。日中間について言えば、政府間協定や機関間協定に基づいて、共同研究・共同実験を精力的に展開しています。また、現在、フランスで建設が進められている ITER は、欧・日・米・露・中・韓・印の世界7極共同プロジェクトとして推進されています。

11. 本日のご発表と直接関係のない質問であること、ご容赦ください。福島第一原子力発電所に蓄積されている、トリチウムを含んだ水を、核融合の研究で利用することは、難しいのでしょうか？

三重水素は核融合炉の燃料ですが、燃料の純度が低いと高温のプラズマをつくることができません。福島第一原子力発電所において処理水中の三重水素は極めて濃度が低く、濃縮に膨大なコストがかかってしまいますので、利用は難しいと考えています。

12. 電力生産のメインになった際には、エネルギーの排熱が直接環境に影響を与える規模にはならないのでしょうか？

核融合炉も火力発電所や原子力発電所と同様に、発生した熱により蒸気を発生させ、それによってタービンを回して発電を行いますので、システムや熱効率は共通です。核融合発電が電力生産の主力になっても排熱が環境に与える規模は現在と同等と考えられます。

13. (小5より) 核融合実験炉はなぜドーナツ型なのですか？

磁場を使ってプラズマを閉じ込めています。プラズマは、磁力線に沿った方向に動きまわりますので、直線型の装置では、どちらかの端に直ぐに当たって失われてしまいます。そのため、ドーナツ型にして両端をつなげることにより、プラズマを閉じ込めています。

14. 水素による発電プラントが実用化された場合、現在の原子力発電によるウラン、プルトニウムによる残滓処理のような問題はないということなのでしょうか？

核融合炉の燃料はガスですので、ガスの元栓を止め、真空ポンプを稼働させれば燃料が炉心に残ることはありません。この際、核融合反応によって生成したヘリウムはガスとして同様に排気されます。このヘリウムガス自体は、風船などに使われるヘリウムガスと何ら変わりはありません。最終的に残るのは、炉心を囲む真空容器などの機器です。これらは核融合反応で発生する中性子により放射化されていますが、数十年（最短で30~40年程度）保管すると放射能レベルが低下する材料の研究が進んでいます。このため、炉材料として再利用することができると考えられます。