

## ユーザーの立場からの 核融合研究

### 核融合研究グループ

研究室人員：上席研究員 1 名 主任研究員 2 名  
研究員 1 名

201-8511 東京都狛江市岩戸北2-11-1  
TEL: 03-3480-2111 FAX: 03-3480-2493  
URL: <http://criepi.denken.or.jp/index-j.html>

#### 財団法人電力中央研究所の紹介

当研究所は、電気事業の運営に必要な電力技術及び経済に関する研究、調査を目的に設立され、日本の11電力会社からの給付金によって運営されている財団法人である。当所の組織としては、大手町の本部・経済社会研究所、狛江研究所、横須賀研究所、我孫子研究所、情報研究所と赤城試験センター、塩原実験場、さらに原子力情報センター、ヒューマンファクター研究センター、低線量放射線研究センターから構成されており、電気事業の中央研究機関として電気事業への寄与と社会への奉仕を基本方針に掲げ、エネルギー、環境、生物、情報、社会経済などの幅広い研究に取り組んでいる。核融合研究グループは狛江研究所、主に原子力システム部に属している。

#### 電力中央研究所における核融合研究

当所の核融合研究は1977年の「プラズマ技術に関する予備調査」にはじまり、1980年代前半までは調査活動が中心であった。1980年に日本原子力産業会議に「核融合技術懇談会」が設置されると、産業界や電気事業の意見が求められ、ここで「ユーザーの立場からの研究・調査」という基本方針を打ち出した。1980年の後半になると外部委託（三菱重工、東芝、慶応大学）という形ではあるが、当所と

して独自の研究活動が開始され、早期実用化の方策として核融合 核分裂ハイブリッド炉に注目した基本的な概念検討や当初独自の核融合経済性評価手法によるコスト解析、核融合炉第一壁材料、常温核融合の基礎検討も行ってきた。

現在主に炉心プラズマ解析を岡野、日渡、ブランケットを朝岡、経済性解析を吉田が担当し、苫米地名誉研究顧問や平岡特別顧問、多種多様な研究領域にわたる所内研究員のアドバイスを受けながら、大学、原研、メーカーと連携を取り、研究を推進している。

#### 最近の研究成果

核融合炉導入に際して、最終的には経済性が重要になる。現在の火力・原子力発電の発電単価は9~10円/kWh 前後であるので、この価格帯に近いコストで発電できなければ電気事業に採用されない可能性が高い。電中研では、「ユーザーの立場からの研究・調査」という基本方針のもと、現在の物理・工学技術レベルから見通しが得られる範囲内で、経済性を追求した核融合動力炉 CREST (Compact REversed Shear Tokamak) の概念を提示した<sup>[1]</sup>。図1に CREST の鳥瞰図、表1にその主要パラメータをまとめた。比較のために ITER-FEAT のパラメータも示した。当所の経済性解析によると、CREST の発電単価は12~13円/kWh と予測され、核融合も

表 1 CREST と ITER-FEAT の主要パラメータ

	CREST	ITER-FEAT
プラズマ大半径	5.4 m	6.2 m
プラズマ小半径	1.59 m	2.0 m
プラズマ楕円度	2.0	1.7
規格化ベータ値	5.5	~1.8
プラズマ電流	12.1 MA	15~17 MA
電流駆動用入射パワー	97 MW	~100 MW
超伝導コイル最大磁場	12.5 T	11.8 T
トロイダル磁場	5.6 T	5.3 T
中性子壁負荷	4.5 MW/m <sup>2</sup>	~0.6 MW/m <sup>2</sup>
核融合熱出力	2980 MW	500~700 MW
正味電気出力	1160 MW	

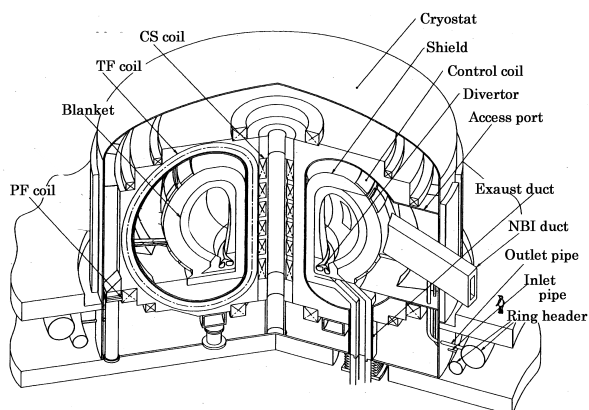


図 1 高経済性核融合動力炉 CREST の鳥瞰図

火力・原子力発電に近い発電コスト領域の可能性を示した。表1の ITER FEAT との比較でわかるように CREST は理論上予測される最大の規格化ベータ値を採用する事で高経済性を達成している点が大きな特徴といえる。

更に実際に核融合炉が導入される際の問題点の一つとして、初期装荷トリチウムの入手が核融合炉導入での問題点となることが当所の研究でわかっているが<sup>[2]</sup>、これはユーザ側としては好ましいものではない。当所では、この問題の解決方法の一つとして初期装荷トリチウム無しでも定格運転まで起動できる可能性があることを日本原子力研究所との共同研究で明らかにした<sup>[3]</sup>。その原理は、DD 核融合によって生成されるトリチウム、またその中性子を用いたブランケットによるトリチウム生産によって重水素プラズマから定格運転領域まで起動させようとするものである。この考え方を元にした CREST における

計算結果を図2に示す。これによると NBI のビームダイレクト反応による DD 核融合反応も含めて約 60 日で定格運転への起動が可能である事がわかる<sup>[4]</sup>。もちろん、起動に要する時間は、プラズマ、燃料処理系、ブランケット系等のトリチウム閉じ込め時間やトリチウム損失率に大きく依存するが、ここでは実現の可能性のある値をとっているため、合理的な期間内で起動できる可能性が十分あると考えられる。

このように「ユーザーの立場から」を研究の基本方針として核融合実現のための研究、提言を今後とも行っていく予定である。

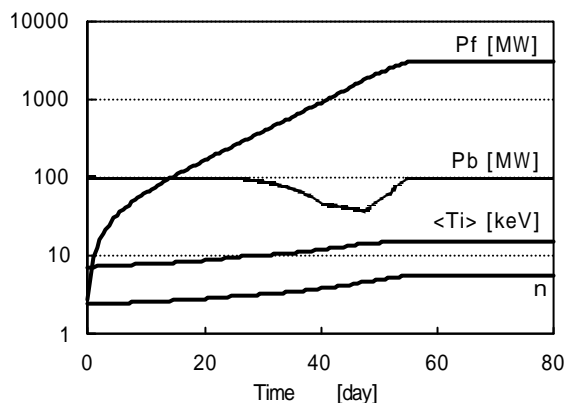


図 2 初期装荷トリチウム無しの起動時の主要パラメータの経時変化

### 主要論文・著書

- [1] K. Okano *et al.*, Nucl. Fusion, 40 (2000) 635
- [2] Y. Asaoka, *et al.*, Fusion Technol. 30 (1996) 853
- [3] S. Konishi, *et al.*, プラズマ・核融合学会誌, 76 (2000) 1309
- [4] Y. Asaoka *et al.*, 18<sup>th</sup> IAEA Fusion Energy Conference

### スタッフ

岡野 邦彦 (上席研究員)

東京大学大学院工学系研究科原子力工学専攻  
E-mail: okano-k@criepi.denken.or.jp

吉田 智朗 (主任研究員)

東京大学大学院工学系研究科原子力工学専攻  
E-mail: tomo@criepi.denken.or.jp

朝岡 善幸 (主任研究員)

京都大学大学院工学研究科原子核工学専攻  
E-mail: asaoka@criepi.denken.or.jp

日渡 良爾 (研究員)

東京大学大学院工学系研究科システム量子工学専攻  
E-mail: hiwatari@criepi.denken.or.jp

## 低線量の放射線が生体におよぼす作用の解明

### 研究部門

研究室人員：上席研究員 1 名、主任研究員 3 名、  
研究顧問 1 名、客員研究員 1 名

201-8511 東京都江戸市岩戸北2-11-1  
TEL: 03-3480-2111 FAX: 03-3480-3113  
URL: <http://www.criepi.denken.or.jp/index-j.html>

### 低線量放射線研究センターの設立

電力中央研究所では、低線量放射線の生物に対する作用に着目し、1988年から国内外の研究機関の協力も得て研究を進めてきたが、研究を一層推進するとともに、研究成果を広く発信することを目指して2000年10月に低線量放射線研究センターを設立した。

低線量放射線研究センターでは、独自に研究を推進するとともに、外部研究機関との連携を強化し研究ネットワークの拠点として低線量の放射線が生体におよぼす作用の解明とその応用につながる情報の収集と発信に努めている。

同センターには、所内研究を担当し、研究面で外部研究機関との連携を進める研究部門と、情報の収集と発信を担当する交流部門とが設置されている。

### 低線量放射線に対する生物の応答

放射線の生物影響に関しては、「どんなに微量であつても有害である」と言われることが多い。たとえば発がんに関しても、どんなに低い線量でもそれに応じた発がんリスクがあるとされる。しかしながら、これは、高い線量で得られている知見を、低線量域にまで外挿した仮説であり、低線量の生物影響に関するデータは非常に乏しいという状況であった。

近年になってようやく、低線量の放射線の生物影響が、個体、組織、細胞、あるいは分子レベルで検討されるようになり、その結果、生物が微量の放射線に対して絶妙な応答を示すことが明らかとなってきた。そのような応答には、

細胞を活性酸素から防護する物質（抗酸化物質）の誘導、遺伝子の上に生じた損傷を修復する機能（DNA修復能）の増強、体内に生じた変異細胞を除去する機構（アポトーシス、細胞自爆機構）の活性化、免疫機能の増強などが含まれる。

これらはいずれも、発がんの過程に深くかかわるものであり、全体として発がんの抑制につながるものと予想される。当所では、これを検証するために「低線量率放射線長期照射設備」を利用した検討を開始した。



図1：低線量率放射線長期照射設備

## 設備紹介

### 低線量率放射線長期照射設備(図1)

実験動物(主としてマウス)を長期にわたってガンマ線照射しながら飼育するための設備。幅 9 m、奥行き 12 m、高さ 5 mのクリーンルームにガンマ線源( $^{137}\text{Cs}$ 、370GBqおよび37GBq)を設置した。

手前に見えるのが線源装置で、写真の裏側に開口部があり、遠隔操作でこの部分に線源を移動させ、写真奥に向かってガンマ線を照射する。

線源とマウスの飼育箱を納めた棚の距離を変えることによって様々な線量率(1時間あたり3 mGyから0.03 mGy)で照射することができる。700匹あまりのマウスを一度に照射できる。

### 動物実験用X線発生装置(図2)

X線を高い線量率(1 Gy/min程度)で照射するための装置。低線量率放射線長期照射設備での結果と比較して、放射線の「線量率効果」を検討する。



図2：動物実験用X線発生装置

## 最近の研究成果

### 1. 低線量率長期照射による発がんの抑制

低線量率で35日間照射したマウスに化学発癌剤を投与した後、引き続き照射を行った。1mGy/hrの線量率で照射した群で発がん率の低下が認められた。

### 2. 低線量放射線による糖尿病発症の抑制

遺伝的に糖尿病を発症するマウスに、低線量放射線を照射しておくことで、糖尿病の発症に遅れが見られた。このマウスにおける発症の原因である活性酸素の作用が、低線量放射線によって誘導された抗酸化物質によって和らげられた結果と考えられる。

現在、これらの現象の機構解明を組織・細胞および分子レベルで進めている。

## 主要論文・著書

- [1] 山田武：電機 7, 36-37 (1999)。
- [2] Hoshi, Y. et al. *J. Radiat. Res.*, **41**, 129 (2000).
- [3] Fujita, K. et al. *J. Radiat. Res.*, **41**, 139 (2000).
- [4] Fujita, K. et al. In: "Biological Effects of Low Dose Radiation", Yamada, T. et al. eds., Elsevier, pp.47-52 (2000).
- [5] Nomura, T. et al., *ibid.*, pp. 101-106.
- [6] Sakai, K., *ibid.*, pp. 53-58.
- [7] Tanooka, H., *ibid.*, pp. 155-160.

[参考：低線量放射線研究センター紹介記事]

米原英典：Isotope News 2, 8-11 (2001).

## スタッフ

酒井一夫 (上席研究員)  
東京大学大学院理学系研究科生物化学専攻  
E-mail: kzsakai@criepi.denken.or.jp

岩崎利泰 (主任研究員)  
東京大学大学院理学系研究科生物化学専攻  
E-mail: iwakit@criepi.denken.or.jp

星裕子 (主任研究員)  
東北大学大学院薬学研究科  
E-mail: hoshi@criepi.denken.or.jp

野村崇治 (主任研究員)  
東京理科大学大学院薬学研究科  
E-mail: nomura@criepi.denken.or.jp

田ノ岡宏 (研究顧問)  
元国立がんセンター研究所放射線研究部長

山田武 (客員研究員)  
前東邦大学医学部教授