14I02　早期発電実証を目指した高性能トカマク核融合炉の開発シナリオ

A development scenario of advanced tokamak power plant to assess critical issues based on fast track approach

日渡　良爾、岡野　邦彦、朝岡　善幸、小川　雄一[1)]
電中研、[1)]東大高温プラズマ研
Ryoji Hiwatari, Kunihiko Okoano, Yoshiyuki Asaoka, Yuichi Ogawa[1)]
Central Research Institute of Electric Power Industry, [1)]The University of Tokyo
hiwatari@criepi.denken.or.jp

ITER 以降の核融合開発計画立案の際には，(1)目標とする実用炉像、(2)発電実証炉の位置付けが重要である．ここでは開発シナリオの一つの例として、(1)高経済性高性能トカマクを最終目標としかつ(2)早期発電実証を目指したに開発シナリオ、実験炉 ITER—発電実証炉 Demo-CREST—実用炉 CREST を構築し、各段階における開発目標を定量的に明らかにし、この開発シナリオにおける技術課題を具体的に明らかにする．

表IにDemo-CRESTとCRESTそれぞれにおける主な開発目標値を示す．Demo-CRESTでは、ITERの成果を順次適用することによる発電実証運転期間（Demonstration Phase）と実用炉CRESTに必要な炉心プラズマ、炉工学技術を開発・実証する開発運転期間（Development Phase）の2つの運転期間により、実験炉ITERからCRESTまで 1 台の中核装置で核融合発電を実現する開発シナリオとなっている．ITERにおいて定常運転技術、トリチウム技術、材料開発の見通しが得られると仮定すると、Demo-CRESTの発電実証運転期間に必要な技術でITERと比較して技術的ギャップが存在する項目は、ダイバータ制御、最大磁場、NBIビームエネルギー、材料のフルーエンスとなる．ダイバータ板の熱負荷をITERと同じ 10MW/m^{2}以下とするのに必要な放射損失パワーはITERのその値と比較して一桁大きな値となる．また材料の中性子フルーエンスについても同様であり、これら2つの項目はDemo-CRESTに限った事ではない共通の開発課題である．本開発シナリオはITERの成果で早期発電実証を目指しているためITERより強磁場である16Tが必要となっている．NBIビームエネルギーの向上は電流分布制御性を確保するために必要である．

次に、Demo-CRESTの開発運転期間においてはβ_N、グリーンワード密度上限比、熱効率の向上、材料技術の向上が必要となる．β_N、グリーンワード密度上限比に関しては、現在のITERの実験計画以上の値であり、Demo-CREST自身で開発・実証しなければならない開発シナリオとなっている．

Table I Demo-CREST とCREST における主な開発目標値．網掛け部分はITER の性能と比較して技術的進展を必要とする項目を表す．

Category	Issue	Demo-CREST: Demo. Phase	Demo-CREST: Dev. Phase	CREST
Plasma control	steady state operation	need	need	need
	bootstrap current fraction	0.5	0.65~0.73	0.83
	RWM control	n=1	n>1	n>1
	Fraction of non-inductive current ramp-up(%)	20	20	50
Plasma performance	β_N	3.4	4.0~5.5	5.5
	HH factor	1.2	1.4	1.5
	Density ratio to n_{GW}	1.0	1.3	1.3
Divertor perforamance	Required radiation power(MW)/fraction (%)	580/82	580/82	588/85

Category	Issue	Demo-CREST: Demo. Phase	Demo-CREST: Dev. Phase	CREST
Tritium	Net tritium breeding ratio	>1.0	>1.0	>1.08
Blanket	Temperature(K)/Pressure(MPa)	600/15	780/25	←
	Thermal efficiency (%)	>30	>40	←
Coil	B_{tmax}(T)/ coil current density(MA/m^2)	16/15	16/15	13/30
NBI	Beam energy (MeV)	>1.5	>1.5	2.5
Maintenance	Scheme	Large module	Large module	Sector
	Plant availability (%)	>65	>75	>85
Material	Material	RAF	ODS RAF	ODS RAF
	Fluence (MWa/m^2)	6-9	6-9	10-15