

核融合エネルギーの技術的実現性
ITER 計画の広がりと裾野としての基礎研究
に関する報告書（案）

平成 12 年 1 月 28 日

核融合会議開発戦略検討分科会

目次

1 はじめに	1
2 核融合発電が実用化される将来像	2
2.1 エネルギー事業を取り巻く環境と 21 世紀以降のエネルギー選択	2
2.2 経営から見た核融合発電の商用化条件	6
2.2.1 はじめに	6
2.2.2 火力・原子力の比較と核融合炉に要請される仕様の考察	6
2.2.3 商用核融合炉への仕様要求値のまとめ	11
2.3 核融合発電炉と他のエネルギープラントとの比較	12
2.3.1 資源量	12
2.3.1.1 核融合炉に必要な資源量	12
2.3.1.2 エネルギー資源量	19
2.3.2 CO ₂ 排出と大気保全性	22
2.3.2.1 地球温暖化問題	22
2.3.2.2 CO ₂ 排出原単位	24
2.3.2.3 火力発電のCO ₂ 回収による温暖化防止策	25
2.3.2.4 原子力による温暖化防止策	26
2.3.2.5 再生可能エネルギーによる温暖化防止策	26
2.3.3 放射性毒性ポテンシャルからみた安全性	28
2.3.3.1 放射性毒性ポテンシャル	28
2.3.3.2 軽水炉、核融合炉、石炭火力における放射性毒性ポテンシャルの比較	29
2.3.4 廃棄物と環境適合性	33
2.3.4.1 放射性廃棄物の分類	33
2.3.4.2 核融合炉及び軽水炉放射性廃棄物処分時の長期リスク	36
2.3.5 プラント特性	38
2.3.5.1 電源としての一般特性の比較	38
2.3.5.2 核融合炉特有のプラント特性	41
2.3.6 経済性	46
2.3.6.1 核融合炉と競合するエネルギー源と発電単価	46
2.3.6.2 核融合炉の予想発電原価	49
2.4 総合的な分析	52
3 トカマク方式による核融合エネルギー実現へのステップ	56
3.1 実用化のためのアプローチ	56
3.1.1 核融合エネルギー実現に必要な研究開発	56
3.1.2 開発のマスタープラン	62
3.1.3 実験炉段階	65
3.1.4 原型炉段階	66
3.1.5 実用化段階	68
3.2 核融合炉の技術開発課題と見通し	70
3.2.1 トカマク型炉心プラズマ技術の現状と今後の課題	71
3.2.1.1 トカマク方式による閉じ込め性能の向上	71
3.2.1.2 JT-60による研究の進展	72
3.2.1.3 今後の炉心プラズマパラメータの進展と開発課題	73
3.2.1.4 閉じ込め性能に関する課題と見通し	77
3.2.1.5 定常運転にむけた課題と見通し	91

3.2.1.6	定常核融合炉のプラズマ制御	101
3.2.1.7	先進材料・プラズマ相互作用	103
3.2.2	工学要素技術の現状と今後の課題	106
3.2.2.1	トカマク型核融合炉の工学要素技術開発項目	106
3.2.2.2	炉工学技術開発の段階的統合化	107
3.2.2.3	実験炉、原型炉の各段階に要求される炉工学技術開発項目 の概要と現状	109
3.2.3	ブランケット・材料技術の現状と今後の課題	123
3.2.3.1	ブランケット開発の現状と課題	123
3.2.3.2	材料技術の現状と今後の課題	128
3.2.4	安全技術の現状と今後の課題	146
3.2.5	運転・保守技術の現状と今後の課題	152
3.2.5.1	レファレンスとしての商用軽水炉運転保守条件	152
3.2.5.2	核融合炉で想定される運転保守条件の実現可能性	153
3.2.5.3	核融合炉運転保守の実現可能性評価	159
3.2.6	製造業から見た技術課題	161
3.2.7	市場競争力の獲得の課題	175
3.2.7.1	発電単価に影響を及ぼす主な要因	175
3.2.7.2	核融合炉の小型化への課題	175
3.2.7.3	核融合炉の予想発電原価	177
3.2.8	核融合炉の課題見通しに関するまとめ	178
4	核融合エネルギーの技術的成立にむけて	179
4.1	実験炉 ITER と ITER で実現するもの	179
4.1.1	実験炉 ITER	179
4.1.1.1	ITERの目標	179
4.1.1.2	目標を達成するための技術ガイドライン概要	179
4.1.1.3	基本的設計思想	180
4.1.1.4	プラズマ性能	181
4.1.1.5	工学機器	182
4.1.2	ITER で実現するもの	183
4.1.2.1	技術目標の達成	183
4.1.2.2	大規模なエネルギー生成と総合技術実証	183
4.1.2.3	ITERによる原型炉物理R&Dと工学試験	184
4.1.2.4	実用化へのステップから見たITER	184
4.2	ITER を支援する研究の展開	185
4.2.1	先進・補完研究の位置付け	185
4.2.2	ITER を支援する研究の現状	185
4.2.2.1	国内の現状と研究課題	185
4.2.2.2	先進トカマク研究の現状と展望	186
4.2.3	今後の重要な研究課題	187
4.2.3.1	高性能・高ベータプラズマの長時間制御	187
4.2.3.2	高密度・高放射率プラズマの長時間制御	187
4.2.4	今後の展望	188
4.3	ITER から核融合原型炉へ	189
4.3.1	核融合原型炉の閉じ込め方式	189

4.3.2	ITERの延長線上に考えられるトカマク型核融合原型炉	189
4.3.3	核融合原型炉方式がトカマク方式以外となった場合のITERの有用性	191
4.4	より魅力的な核融合炉をめざした研究の展開	191
4.4.1	工学技術革新による、より魅力的な核融合炉概念の追求	191
4.4.2	電力以外への核融合エネルギーの利用形態	192
4.4.2.1	熱源としての核融合炉の利用	192
4.4.2.2	アクチニドの消滅処理	193
4.4.2.3	放射性同位元素の生産	194
4.4.3	核融合炉の多目的利用の発展途上国への貢献	194
4.4.4	研究開発への反映	195
5	ITER計画の広がりと裾野としての基礎研究	196
5.1	先進炉方式の研究及び材料、炉工学の基礎研究	196
5.1.1	先進炉方式の研究の意義・位置付け	196
5.1.1.1	はじめに	196
5.1.1.2	大学における今後の核融合研究の展開についての議論	196
5.1.2	先進炉方式の現状と核融合炉への見通し	197
5.1.2.1	ヘリカル方式	197
5.1.2.2	慣性核融合方式	199
5.1.2.3	ミラー方式	200
5.1.2.4	逆磁場ピンチ方式	201
5.1.2.5	球状トーラス	202
5.1.2.6	コンパクトトーラス	202
5.1.2.7	内部導体装置	203
5.1.3	材料・炉工学の基礎研究	213
5.2	人材の育成と連携体制	216
5.2.1	ITERに求められる人材	216
5.2.2	大学における人材育成について	217
5.2.2.1	1970—80年代における動向	217
5.2.2.2	1990年代における動向	218
5.2.2.3	まとめ	220
5.2.3	大学や研究機関間の連携体制について	224
5.2.4	産業界の視点から	224
5.3	国際協力について	228
5.3.1	これまでの国際協力	228
5.3.2	ITER計画と国際協力	230
6	ITERへの投資の価値	234
6.1	未来のエネルギー源の有力な選択肢の提供としての意義	234
6.2	ITERによるプラズマ物理学研究の学術的価値	236
6.3	ITERの科学的・技術的波及効果	240
6.3.1	核融合研究とITERの科学技術的な位置づけ	240
6.3.2	ITER建設の波及効果	241
6.4	国際協力としての価値	245
6.4.1	ITERの分担理念 — ITERへの投資を何でバランスをとるか—	245
6.4.2	社会・経済・安全保障面からみた核融合国際協力の意義	
- 国際社会との繋がりの中で -		246
6.5	ITERの国内誘致の価値	248
6.5.1	実験炉建設段階における国際協力と平等の原則について	248
6.5.2	ITER国内誘致の得失	248
7	まとめ	250
7.1	21世紀のエネルギー問題と核融合発電の位置づけ	250
7.2	核融合エネルギーの特徴	250
7.3	核融合開発における最重要課題	251
7.4	段階的開発計画	253
7.5	ITER計画	254
7.6	ITER計画への取り組み	254
7.7	先進方式への取り組み	255
7.8	核融合炉工学	255
7.9	核融合発電実現まで	256
7.10	核融合開発の学術的意義と波及効果	257

今回の会議にて配布した資料は多量な資料の為、入手を希望される方は下記3機関において閲覧・複写（有料）に応じております。

●原子力公開資料センター（東京都文京区白山5-1-3-101）

TEL 03（5804）8484 東京富山会館ビル6F

土・日・祝日、10/1日は休館

●未来科学技術情報館（東京都新宿区西新宿）

TEL 03（3340）1821 新宿三井ビル1F

第2・第4火曜日は休館

●サイエンス・サテライト（大阪府大阪市北区扇町）

TEL 06（6316）8110 扇町キッズパーク3F

月曜日、祝祭日の翌日は休館