

核融合反応プラズマ実験装置（R装置）

第1次概念設計

目 次

まえがき	
1. 緒 言	1
1.1 経過について	1
1.1.1 R計画立案・着手の経過	1
1.1.2 1次設計に関する経過	1
1.2 R計画の目的・意義	1
1.3 物理目標・装置の基本パラメータ	2
1.4 R計画の進め方	2
1.5 1次設計について	3
2. 本 体	5
2.1 本体概論と設計の基本方針	5
2.2 全体構造	8
2.2.1 基本計画	8
2.2.2 支持方式	8
2.2.3 本体構造	9
2.2.4 組立手順	13
2.2.5 中心支持柱、真空容器支持脚の構造解析	14
2.3 真空容器	38
2.3.1 概 要	38
2.3.2 各部の構造	38
2.3.3 加熱・冷却方式	39
2.3.4 真空シール方式	43
2.3.5 支持方式	43
2.3.6 第一壁の構成	43
2.3.7 設計計算および検討	46

2.3.8	各種ポート	47
2.3.9	接地法	48
2.4	トーラス真空排気システム及びガス導入システム	49
2.4.1	システムの全体構成	49
2.4.2	トーラス真空排気システム	49
2.4.3	トリチウム含有ガス回収システム	55
2.4.4	トリチウムガス導入システム	59
2.5	トロイダルコイル	73
2.5.1	概要	73
2.5.2	構造	73
2.5.3	使用材料	77
2.5.4	電磁諸量	77
2.5.5	強度評価	78
2.6	ポロイダルコイル	85
2.6.1	概要	85
2.6.2	配置および起磁力	85
2.6.3	全体構造	85
2.6.4	使用材料	87
2.6.5	電磁諸量	88
2.6.6	冷却水量および温度上昇	92
2.6.7	機械的強度	92
2.7	ローカルヘリカルコイル	93
2.7.1	概要	93
2.7.2	構造	93
2.7.3	使用材料	93
2.7.4	冷却法	93
2.7.5	電磁力	93
3.	制御電源・プラズマ制御	97
3.1	概論	97
3.2	トロイダルコイル電源	98
3.2.1	装置の概要	98

3.2.2	整流電源の設計	98
3.2.3	電流制御系	101
3.2.4	負荷短絡故障等の保護装置	102
3.3	ポロイダルコイル電源	103
3.3.1	概 要	103
3.3.2	数値計算による所要電源容量の評価	103
3.3.3	電源系の設計	113
3.3.4	水平磁場コイル電源	123
3.4	その他の電源	125
3.4.1	ローカルヘリカルコイル電源	125
3.4.2	ベーキング電源	125
3.4.3	放電洗浄電源	127
3.5	磁場電源からみたフライホイール発電機に関する検討	129
3.5.1	フライホイール発電機の諸特性	129
3.5.2	フライホイール発電機の周波数応答性	130
3.6	プラズマ位置およびプラズマ電流のフィードバック制御	133
3.6.1	概 要	133
3.6.2	システム構成	133
3.6.3	ボード線図による制御特性解析	135
3.6.4	数値計算による制御特性解析	153
4.	本体周辺機器	159
4.1	概 論	159
4.2	ガス冷却系	160
4.2.1	真空容器冷却系	160
4.3	水冷却系	162
4.3.1	概 要	162
4.3.2	冷却システム基本ループ	162
4.3.3	1次冷却系統	162
4.4	雰囲気クリーンナップシステム	166
4.4.1	目 的	166
4.4.2	完全循環モデルによるシステムの処理容量の評価	166

4.4.3	トリチウム除去特性の解析	169
4.4.4	今後の詳細検討について	172
5.	計測	175
5.1	概論	175
5.2	測定系概論	175
5.2.1	磁気プローブ系	178
5.2.2	TVシステム	178
5.2.3	干渉計システム	179
5.2.4	散乱計測システム	185
5.2.5	放射検出システム	192
5.2.6	放出粒子検出システム	205
5.2.7	R-2 フェイズにおける検出器の信頼性について	207
5.2.8	核反応プラズマ計測	208
5.3	データ処理システム	213
5.3.1	データ処理システムの基本方針	213
5.3.2	データ処理システムの構成	213
5.3.3	データ処理システムの動作シーケンス	214
5.3.4	データ処理システムの配置	218
5.3.5	インターロック用の信号	218
5.3.6	技術的な問題点	218
6.	加熱	221
6.1	加熱序論	221
6.2	中性粒子入射加熱装置	221
6.2.1	概要	221
6.2.2	イオン源	223
6.2.3	ビームライン	231
6.2.4	電源	257
6.2.5	制御系	266
6.3	高周波加熱の基本方針	271
6.4	ICRF加熱	271
6.4.1	加熱法の概要	271

6.4.2	アンテナ設計	280
6.4.3	高周波源	284
6.4.4	各種コンポーネント	286
6.5	低域混成加熱	294
6.5.1	伝送線路系の検討	294
6.5.2	ランチャー部導波管の減衰量と温度上昇	300
6.5.3	大電力クライストロン	300
6.5.4	電源関係	302
6.5.5	機器配置図と寸法	305
6.6	電子サイクロトロン加熱	309
7.	総合システム	313
7.1	概論	313
7.2	運転シーケンス	313
7.3	全体制御システムの機器構成	322
7.3.1	概要	322
7.3.2	機器仕様	325
7.4	保護インターロックシステム	332
7.4.1	概要	332
7.4.2	機器構成	332
7.5	実験スケジュール	338
7.5.1	R-1 フェイズ	338
7.5.2	R-2 フェイズ	338
付 録		
A.1	トーラス内設置真空排気システム	343
A.1.1	目的	343
A.1.2	システム設計	343
A.2	薄板2重構造の真空容器	351
A.2.1	概要	351
A.2.2	構造・製作	351

A. 2.3	電磁力	351
A. 3	放射線遮蔽に対する検討	356
A. 3.1	概要および計算モデル	356
A. 3.2	D-T放電時の遮蔽計算およびスカイシャイン	356
A. 3.3	D-T放電後の誘導放射能	357
A. 3.4	D-D放電の場合の遮蔽	357
A. 4	電源システム方式の検討	372
A. 4.1	電力回生の利害得失	372
A. 4.2	発電機周波数60Hzと120Hzの比較	372
B. 1	R-トカマクプラズマの輸送と加熱のシミュレーション	375
B. 1.1	総論	375
B. 1.2	トカマク輸送コードの概要	375
B. 1.3	プラズマ壁相互作用と不純物輸送	381
B. 1.4	コードの改良と拡張	385
B. 1.5	計算結果	390
B. 1.6	結語	418
	あとがき	421
	R計画体制	423
	執筆者一覧	425