

レーザー核融合炉「光陽」の概念設計

報告書目次

レーザー核融合炉技術委員会組織

序	1
第1章 レーザー核融合炉の概念	5
1・1 レーザー核融合とは	5
1・2 慣性核融合炉設計の現状	6
1・3 レーザー核融合炉システム設計	7
(1) エネルギーバランスとマスフロー	7
(2) 炉のシステム構成	8
(3) 炉構成及びレーザー核融合発電プラント	10
第2章 レーザー核融合炉の炉心設計	18
2・1 はじめに	18
2・2 炉用ターゲットのパラメータと炉心からのエネルギー放出	18
(1) ターゲット	18
(2) レーザー	18
(3) 燃焼プラズマのダイナミックス	20
(4) シミュレーションコードの物理モデル	21
(5) 核融合生成エネルギー	22
2・3 ターゲット設計の基礎	26
(1) 等圧力モデル	26
(2) 爆縮のシナリオ	26
(3) 爆縮の流体力学的安定性・均一性	27
2・4 爆縮コードの信頼性	28
(1) ガス充填GMBの爆縮(LHART)	28
(2) ポリエチレン球殻ターゲットの爆縮	30
(3) 一次元コードの課題	31
2・5 炉心用ターゲットの設計	32
(1) ターゲット設計のガイドライン	32

(2) ペレット利得の最適化と爆縮の安定性	34
2・6 レーザー照射一様性	37
(1) 必要なビーム数とパワーバランス	37
(2) レーザー吸収の一様性評価	38
(3) 照射一様性の現状	42
2・7 中性子加熱を考慮したDTペレットの燃焼特性	45
(1) 計算モデルと諸仮定	45
(2) 中性子加熱が燃焼特性に与える影響	46
(3) まとめ	49
第3章 慣性核融合炉本体概念設計	50
3・1 はじめに	50
(1) 第1壁シリコンカーバイド(SiC)繊維の中性子損傷による制限	50
(2) 液体リチウム鉛流のクライオ排気による制限	51
3・2 炉構造の概念設計	53
(1) 全体構造	53
(2) 各部構造	57
(3) まとめと今後の検討項目	58
3・3 核熱解析	58
(1) はじめに	58
(2) 計算方法	59
(3) 計算結果	60
3・4 SiCパイプブランケットの衝撃応答	69
(1) 衝撃力	69
(2) SiCパイプ構造及び特性	69
(3) 動的な応答	70
3・5 冷却材流量	73
(1) 概要	73
(2) システム条件	73
(3) 炉内冷却材の流れ	73
(4) 第1層ブラケット部の冷却材の流れ	75
3・6 炉制御システム	77
(1) 出力制御	78
(2) ペレットインジェクションとレーザー照射制御	78
(3) ペレットインジェクター	80
3・7 レーザー核融合発電プラントシステムの構成と配置	80

(1) プラントシステムの基本	80
(2) 核融合炉建屋	81
(3) レーザー建屋	85
(4) プラント配置	85
(5) トリチウム格納設備	87
第4章 炉用レーザーシステムの設計	88
4・1 炉用レーザーの条件	88
4・2 LD励起レーザーシステム	88
(1) はじめに	88
(2) 総合効率の評価	88
(3) 波長350nm, 出力4MJ, 効率12%, 繰り返し率12HzのLD励起固体レーザー システムの設計とその技術的実現性の評価	91
(4) 経済的実現性	95
(5) 今後の課題	96
(6) まとめ	98
4・3 レーザー照射システム	99
4・4 KrFレーザーシステム	100
(1) KrFレーザー	100
(2) KrFレーザー媒質の動作	100
(3) 増幅器技術	101
(4) パルス圧縮技術	103
(5) 1MJ出力KrFレーザーシステムの概念設計	104
(6) まとめ	107
4・5 重イオンビームシステム	107
第5章 燃料系サイクル	111
5・1 はじめに	111
5・2 ペレット製作	111
(1) 燃料容器の製作	111
(2) 燃料の充填と三重水素のインベントリ	113
(3) 均一固体燃料層の形成	113
5・3 インジェクション	122
(1) クライオターゲットの寿命の評価	122
(2) インジェクション法に関する制限	123
5・4 トリチウム増殖・分離・回収系	126

(1) 目的	126
(2) 検討結果	126
(3) $\text{Li}_{17}\text{Pb}_{83}$ 中のトリチウム回収法	131
5・5 偏極ペレットの開発	135
(1) まえがき	135
(2) 偏極重陽子 (\vec{D})による $\vec{T}(\vec{D}, n)^4\text{He}$ 反応	136
(3) 動的偏極	137
(4) 核磁気共鳴と偏極度の測定	140
(5) NMR用電磁石	143
(6) パルス法による偏極度の測定	149
(7) まとめ	154
第6章 レーザー核融合炉の評価と研究開発計画	155
6・1 物理・技術的成立性の評価	155
(1) 物理・技術的成立性の評価	155
(2) 技術的成立性の評価	158
(3) まとめ	159
6・2 経済性の評価	160
(1) 経済性評価の目的と方法	160
(2) レーザー核融合炉の経済解析モデル	162
(3) レーザー核融合炉「光陽」のコスト積算	165
(4) レーザー核融合炉の経済性感度解析と最適化	166
(5) まとめ	169
6・3 クリティカルイシュー（開発課題）と研究開発計画	170
(1) 慣性核融合炉心プラズマ物理の課題	171
(2) 炉用レーザー開発課題	171
(3) 炉工学の課題	172
(4) 研究開発計画	173