

# 第 I 分冊 目次

## 1 章 原子核物理学・核反応

編集担当：千葉 敏

- |  |   |
|--|---|
| 1.0 概観：歴史とトレンド (千葉 敏) I-2                    | 1.3 原子核反応                                     |
| 1.1 原子核の質量と崩壊                                | 1.3.1 核反応断面積 (千葉 敏) I-38                      |
| 1.1.1 原子質量 (小浦寛之) I-4                        | 1.3.2 中性子反応機構の概観 (渡辺幸信) I-40                  |
| 1.1.2 原子質量の大局的性質と半経験的<br>原子質量公式 (小浦寛之) I-5   | 1.3.3 複合核過程 (岩本 修) I-42                       |
| 1.1.3 原子核質量模型の現状<br>(小浦寛之) I-6               | 1.3.4 共鳴とその統計的性質<br>(岩本 修) I-44               |
| 1.1.4 素粒子間の相互作用 (鷹野正利) I-8                   | 1.3.5 核反応の統計模型 (岩本 修) I-46                    |
| 1.1.5 原子核崩壊 (小浦寛之) I-10                      | 1.3.6 低エネルギー中性子の散乱<br>(安部 豊) I-48             |
| 1.1.6 $\alpha$ 崩壊 (小浦寛之) I-12                | 1.3.7 核融合反応の近似式 (千葉 敏) I-50                   |
| 1.1.7 $\beta$ 崩壊 (橘 孝博) I-14                 | コラム 1 部分波 (千葉 敏) I-51                         |
| 1.1.8 $\gamma$ 崩壊と内部転換 (橘 孝博) I-16           | コラム 2 核力とテンソル力 (千葉 敏) I-51                    |
| 1.1.9 ニュートリノ (鷹野正利) I-18                     | 1.3.8 光学模型, 直接過程 (渡辺幸信) I-52                  |
| 1.1.10 陽電子とミュオン (小浦寛之) I-19                  | 1.3.9 中高エネルギー核反応<br>(高田 弘) I-54               |
| 1.2 原子核構造                                    | 1.3.10 軽い核の反応 (尾立晋祥) I-56                     |
| 1.2.1 バルクな性質と微視的性質<br>(宇都野 穰) I-20           | 1.3.11 断面積計算コード<br>(岩本 修, 渡辺幸信) I-58          |
| コラム 不安定核種における魔法数の消滅と<br>新魔法数の出現 (宇都野 穰) I-21 | 1.3.12 核データライブラリ (深堀智生) I-60                  |
| 1.2.2 核構造研究で測定される物理量<br>(宇都野 穰) I-22         | 1.4 核分裂とその理論・測定技術                             |
| 1.2.3 独立粒子描像 (宇都野 穰) I-24                    | 1.4.1 核分裂の発見と液滴模型<br>(有友嘉浩) I-62              |
| 1.2.4 準位密度 (宇都野 穰) I-26                      | 1.4.2 核分裂片の質量, 電荷および<br>運動エネルギー分布 (大槻 勤) I-64 |
| 1.2.5 原子核の集団運動 (宇都野 穰) I-28                  | 1.4.3 即発中性子の発生機構<br>(西尾勝久) I-66               |
| 1.2.6 変形核とその一粒子運動<br>(宇都野 穰) I-30            | 1.4.4 自発核分裂の発見と原理<br>(西尾勝久) I-68              |
| 1.2.7 巨大共鳴 (宇都野 穰) I-32                      | 1.4.5 統計模型による核分裂幅<br>(有友嘉浩) I-70              |
| 1.2.8 有効相互作用と相関<br>(宇都野 穰) I-34              |   |
| 1.2.9 原子核構造の微視的模型<br>(宇都野 穰) I-36            |   |

- 1.4.6 動力学模型 (有友嘉浩) I-72  
 1.4.7 マルチモード核分裂モデル (大澤孝明) I-74  
 1.4.8 切断点モデル (大澤孝明) I-76  
 1.4.9 核分裂片の検出技術 (西尾勝久) I-78  
 1.4.10 放射化学的手法による核分裂片の分離 (西中一郎) I-80  
 1.4.11 核分裂の実験施設 (西尾勝久) I-82

## 2章 高エネルギー密度物理・レーザー核融合

編集担当：乗松孝好

### 2.1 高エネルギー密度プラズマの生成と物理

- 2.1.1 宇宙での核融合 (高部英明) I-86  
 2.1.2 実験室宇宙物理学 (高部英明) I-88  
 2.1.3 レーザープラズマ相互作用 (田中和夫) I-90  
 2.1.4 レーザー高圧物性 (兒玉了祐) I-92  
 2.1.5 流体力学的不安定性 (西原功修) I-94  
 2.1.6 高密度プラズマ爆縮の物理 (三間罔興) I-96  
 2.1.7 warm dense matter (米田仁紀) I-98  
 2.1.8 相対論的レーザープラズマ (Sergei V. Bulanov, 神門正城) I-100  
 2.1.9 超高強度場の科学 (兒玉了祐) I-102  
 2.1.10 クーロン爆発 (阪部周二) I-104

### 2.2 高エネルギー密度プラズマからの放射

- 2.2.1 レーザー駆動 EUV~X線光源 (西村博明) I-106  
 2.2.2 X線レーザー (佐々木 明) I-108

### 2.3 レーザー核融合

- 2.3.1 レーザー核融合炉の概念 (疇地 宏) I-110  
 2.3.2 爆縮 (村上匡且) I-112  
 2.3.3 燃焼と利得 (白神宏之) I-114  
 2.3.4 爆縮の物理 (長友英夫) I-116  
 2.3.5 炉用レーザーシステム (河仲準二) I-118  
 2.3.6 燃料ターゲット供給系 (乗松孝好) I-120  
 2.3.7 レーザー核融合の応用 (中井光男) I-122

## 3章 核融合プラズマ物理学

編集担当：岸本泰明

### 3.1 基礎プラズマ物理学

- 3.1.1 プラズマとは (吉田善章) I-126  
 3.1.2 プラズマの記述法—電磁流体力学方程式 (吉田善章) I-127  
 3.1.3 プラズマの記述法—運動論方程式 (中島徳嘉) I-128  
 3.1.4 プラズマ中の波動現象 (福山 淳) I-130

### 3.2 磁場閉じ込めの概念

- 3.2.1 熱核融合反応と磁場閉じ込め (山崎耕造) I-132  
 3.2.2 トカマク装置 (石田真一) I-134

### 3.2.3 ヘリカル・ステラレータ装置

(山田弘司) I-135

### 3.2.4 その他の閉じ込め概念

(小野 靖) I-136

### 3.3 プラズマの力学平衡

- 3.3.1 軸対称力学平衡 (藤田隆明) I-138  
 3.3.2 三次元力学平衡 (中村祐司) I-140

### 3.4 荷電粒子運動

- 3.4.1 基本的な粒子運動特性 (横山雅之) I-142  
 3.4.2 クーロン衝突過程 (田口政義) I-144

- 3.4.3 トカマク・ヘリカル装置の粒子運動特性 (村上定義) I-146

### 3.5 プラズマのMHD安定性

- 3.5.1 さまざまなMHD現象 (鎌田 裕) I-148  
 3.5.2 理想MHDモードと安定性 (小関隆久) I-150  
 3.5.3 抵抗性MHDモードと安定性 (古川 勝) I-152  
 3.5.4 運動論MHDモードと安定性 (藤堂 泰) I-154  
 3.5.5 MHDシミュレーションと磁気リコネクション (堀内利得, 内藤裕志) I-156  
 3.5.6 MHD不安定性の計測・制御 (東井和夫) I-158

### 3.6 プラズマの微視的不安定性

- 3.6.1 微視的不安定性の基礎概念 (洲鎌英雄) I-160  
 3.6.2 微視的モードの種類と構造 (李 継全, 今寺賢志) I-162

### 3.7 プラズマの輸送と閉じ込め

- 3.7.1 輸送・閉じ込め現象 (岸本泰明, 今寺賢志) I-164  
 3.7.2 新古典輸送の基礎過程 (洲鎌英雄) I-166  
 3.7.3 乱流輸送の基礎モデル (岸本泰明, 今寺賢志) I-168  
 3.7.4 乱流輸送の数値モデル (矢木雅敏) I-170  
 3.7.5 乱流輸送シミュレーション (渡邊智彦, 福山 淳) I-172  
 3.7.6 輸送障壁と閉じ込め改善 (居田克巳) I-174  
 3.7.7 閉じ込め比例則 (滝塚知典) I-176  
 3.7.8 乱流計測と制御 (藤澤彰英) I-178

### 3.8 プラズマ加熱・電流駆動

- 3.8.1 NBIおよび $\alpha$ 粒子加熱, NBI電流駆動 (村上定義) I-180  
 3.8.2 ECRF加熱・電流駆動 (前川 孝) I-182  
 3.8.3 ICRF加熱・電流駆動 (武藤 敬) I-183  
 3.8.4 LHRF加熱・電流駆動 (前川 孝) I-184  
 3.8.5 一般化オーム則とブートストラップ電流 (菊池 満) I-185

### 3.9 プラズマ壁相互作用と周辺プラズマ

- 3.9.1 周辺プラズマ現象と基礎概念 (滝塚知典) I-186  
 3.9.2 プラズマ壁相互作用の基礎過程 (清水勝宏) I-188  
 3.9.3 ダイバータプラズマ (朝倉伸幸) I-190  
 3.9.4 長時間パルス放電が第一壁に与える影響や現象, 物理過程(スバタリング, 拡散・透過・損耗・堆積), 長時間制御の重要性 (岡子秀樹) I-192

### 3.10 プラズマ中の不純物・放射過程とプラズマ分光

- 3.10.1 高温プラズマ中の不純物・放射過程とプラズマ分光 (森田 繁) I-194  
 3.10.2 プラズマ中の原子・分子データ (村上 泉, 佐々木 明) I-195  
 3.10.3 ダイバータ/SOLプラズマにおける不純物・放射過程とプラズマ分光 (久保博孝) I-196

### 3.11 プラズマ計測

- 3.11.1 高温プラズマ計測の概要 (笹尾真実子) I-198  
 3.11.2 磁気計測 (飯尾俊二) I-200  
 3.11.3 電子系計測 (川端一男) I-202  
 3.11.4 イオン系計測と $\alpha$ 粒子計測 (草間義紀) I-204

## 4章 核融合炉工学

編集担当：山崎耕造

## 4.1 核融合炉の条件と基本構成

- 4.1.1 核融合炉の構成 (山崎耕造) I-208  
4.1.2 核融合炉に必要な資源 (飯尾俊二) I-209

## 4.2 核融合炉の設計

- 4.2.1 定常トカマク型核融合炉 SSTR の概念 (菊池 満) I-210  
4.2.2 SSTR 設計とその課題 (菊池 満) I-211  
4.2.3 SSTR 以後のトカマク炉設計 (岡野邦彦) I-212  
4.2.4 ヘリカル型核融合炉の設計 (相良明男) I-214

## 4.3 ブランケット工学

- 4.3.1 ブランケットの果たす役割 (寺井隆幸) I-216  
4.3.2 水冷却ブランケットの基本構成と設計 (榎枝幹男) I-217  
4.3.3 ヘリウム冷却ブランケットの基本構成と設計 (飛田健次) I-218  
4.3.4 ブランケットの熱、電磁力・安定化シェル設計 (飛田健次) I-219  
4.3.5 ブランケットの核設計 (佐藤 聡) I-220  
4.3.6 ITER TBM 計画 (小西哲之) I-221

## 4.4 プラズマ対向熱・粒子工学

- 4.4.1 第一壁、ダイバータの熱・粒子条件 (上田良夫) I-222  
4.4.2 第一壁の基本構造と熱・粒子設計 (谷川 尚) I-223  
4.4.3 ダイバータ板の基本構造と熱・粒子設計/熱利用 (鈴木 哲) I-224  
4.4.4 炉内のトリチウム挙動と透過防止策 (河村繕範) I-225

## 4.5 中性子工学

- 4.5.1 核融合炉における主要な中性子反応 (今野 力) I-226

4.5.2 核融合炉の中性子・ $\gamma$ 線遮蔽

(落合謙太郎) I-227

## 4.5.3 核融合用中性子核データ

(今野 力) I-228

## 4.6 超伝導マグネット工学

- 4.6.1 超伝導マグネットの構成(全体システム構成, TF コイル, PF コイル, CS) (小泉徳潔) I-230  
4.6.2 低温および高温超伝導体 (三戸利行) I-231  
4.6.3 超伝導導体(基本構造, 超伝導特性) (高橋良和) I-232  
4.6.4 超伝導コイル(構造設計, 熱流体設計, 電気絶縁設計) (西村 新, 木津 要) I-234

- 4.6.5 周辺技術 (柳 長門) I-236

## 4.7 核融合炉の遠隔保守技術

- 4.7.1 炉内遠隔保守の基本的考え方 (柴沼 清) I-238  
4.7.2 遠隔保守用軌道ビークル型マニピュレータの機能と動作 (武田信和) I-240  
4.7.3 ブランケットとダイバータの定期交換 (柴沼 清) I-241

## 4.8 中性粒子ビーム入射加熱工学

- 4.8.1 中性粒子ビーム入射加熱システムの機能と構成 (井上多加志) I-242  
4.8.2 イオン源工学 (竹入康彦) I-243  
4.8.3 イオン源ビーム工学 (柏木美恵子) I-244  
4.8.4 高電圧技術 (渡邊和弘) I-245

## 4.9 高周波加熱工学

- 4.9.1 電子サイクロトロン波加熱システムの機能と構成 (久保 伸) I-246  
4.9.2 ジャイロトロンの原理と物理 (坂本慶司) I-247  
4.9.3 イオンサイクロトロン加熱システム (熊沢隆平) I-248

## 4.9.4 低域混成波加熱・電流駆動システム

(関 正美) I-249

## 4.10 燃料循環工学

- 4.10.1 重水素, トリチウムの性質と製造 (奥野健二) I-250  
4.10.2 燃料入射系の機能と構成 (坂本隆一) I-251  
4.10.3 燃料の回収システム (深田 智) I-252  
4.10.4 燃料の同位体分離と貯蔵 (杉山貴彦) I-253

## 4.11 核融合炉の安全工学

- 4.11.1 安全上の特徴と安全確保上の留意点 (多田栄介) I-254  
4.11.2 放射性物質の閉じ込め (関谷 譲) I-256

## 4.12 核融合炉の廃棄物処分

- 4.12.1 核融合装置から出てくる廃棄物 (宮 直之) I-258  
4.12.2 廃棄物処分の考え方(榎田洋一) I-259  
4.12.3 クリアランス物 (宮 直之) I-260

## 4.13 核融合炉の運転

- 4.13.1 核融合装置の運転・制御実績 (JT-60 と LHD) (栗原研一, 山田弘司) I-262  
4.13.2 核融合炉の起動試験, 定期点検, 計画外停止 (栗原研一) I-264

## 4.14 核融合炉の建設と展望

- 4.14.1 ITER の計画 (杉本 誠) I-266  
4.14.2 核融合開発のロードマップ検討 (岡野邦彦) I-267

## 5章 核融合炉材料工学

編集担当：室賀健夫

## 5.1 核融合システムと材料

- 5.1.1 核融合システムと材料(木村晃彦) I-270  
5.1.2 構造材料 (實川資朗, 室賀健夫) I-272  
5.1.3 プラズマ対向材料 (上田良夫) I-273  
5.1.4 各種機能材料 (西谷健夫) I-274  
5.1.5 材料のモデリング (森下和功, 渡辺淑之) I-275

## 5.2 ブランケット構造材料

- 5.2.1 照射損傷の過程と材料課題 (谷川博康) I-276  
5.2.2 フェライト・マルテンサイト鋼 (芝 清之, 笠田竜太) I-278  
5.2.3 SiC/SiC 複合材料の核融合炉への適用 (檜木達也) I-280  
5.2.4 パナジウム合金 (長坂琢也) I-281  
5.2.5 酸化物分散強化(ODS)フェライト鋼 (鶴飼重治) I-282  
5.2.6 材料の低放射化 (田中照也) I-283

## 5.3 プラズマ対向材料

- 5.3.1 プラズマによる損傷過程 (山内有二) I-284  
5.3.2 タングステン対向材料 (栗下裕明) I-286

## 5.3.3 低原子番号(Z)対向材料

(渥美寿雄) I-287

## 5.4 ブランケット機能材料

- 5.4.1 トリチウム増殖材料 (寺井隆幸) I-288  
5.4.2 中性子増倍材料 (中道 勝) I-289  
5.4.3 冷却材との両立 (廣瀬貴規, 近藤正聡) I-290  
5.4.4 ブランケット構造材料へのコーティング (鈴木晶大) I-291

## 5.5 大型構造材料

- 5.5.1 遮蔽材料, マグネット構造材料 (助川篤彦, 濱田一弥) I-292  
5.5.2 放射化物の物量低減 (飛田健次) I-293

## 5.6 材料照射試験

- 5.6.1 核融合中性子照射試験装置(IFMIF) (杉本昌義) I-294  
5.6.2 原子炉 (四竈樹男) I-296  
5.6.3 荷電粒子照射 (長谷川 晃) I-297  
5.6.4 微小試験片技術と規格化 (若井栄一) I-298  
5.6.5 材料開発ロードマップ (室賀健夫) I-299