

目 次

| | | |
|-------|--|------|
| 1 | はじめに | 7-1 |
| 2 | 中性子医療応用の基礎 | 7-1 |
| 2.1 | 医療用粒子線としての中性子線 | 7-1 |
| 2.2 | LETとRBE | 7-2 |
| 2.3 | 高速中性子線 | 7-2 |
| 2.3.1 | 高速中性子線の特徴 | 7-2 |
| 2.3.2 | 医療用加速器高速中性子源 | 7-3 |
| 2.4 | 熱、熱外中性子線 (BNCT: 硼素中性子捕獲療法) | 7-3 |
| 2.4.1 | 熱、熱外中性子線の特徴 | 7-3 |
| 2.4.2 | 硼素中性子補捉療法 (BNCT) の歴史 | 7-4 |
| 2.4.3 | 中性子捕捉療法の原理と特徴 | 7-5 |
| 2.4.4 | 硼素製剤の開発 | 7-6 |
| 2.4.5 | 原子炉による中性子を利用したBNCT | 7-6 |
| 2.5 | 現状の原子炉BNCTにおける課題 | 7-8 |
| 3 | BNCTのための加速器中性子源 | 7-8 |
| 3.1 | 熱・熱外中性子発生法 (陽子ビームによる核反応) | 7-9 |
| 3.1.1 | 低エネルギー陽子のリチウム及びベリリウム (p,n) 直接反応、及び、複合核反応 | 7-9 |
| 3.1.2 | 高エネルギー陽子の核破砕反応 ($E_p > 50\text{MeV}$) | 7-12 |
| 3.1.3 | 陽子エネルギーと中性子収量 | 7-12 |
| 3.2 | BNCTに要求される加速器中性子源の性能 | 7-13 |
| 3.2.1 | 熱・熱外中性子強度 | 7-13 |
| 3.2.2 | 一次ビームエネルギーと必要電流値、ターゲット材 | 7-13 |
| 3.2.3 | 照射中の高速中性子とバックグラウンド線量率の低減 | 7-14 |
| 3.2.4 | 加速器中性子源の安定性、メンテナンス性 | 7-16 |
| 3.2.5 | BNCT用加速器中性子源に要求される性能のまとめ | 7-18 |
| 4 | 従来型加速器を応用したBNCT用加速器中性子源 | 7-19 |
| 4.1 | 静電加速器 | 7-19 |
| 4.2 | 線形加速器 | 7-19 |
| 4.3 | サイクロトロン | 7-19 |
| 4.3.1 | 30MeV陽子サイクロトロン加速器 | 7-20 |
| 4.3.2 | ビーム輸送系 | 7-21 |
| 4.3.3 | 中性子生成用ベリリウムターゲット | 7-21 |
| 4.3.4 | モデレータ (中性子減速体) | 7-21 |
| 4.3.5 | 原子炉との比較 | 7-22 |
| 4.3.6 | ターゲット周辺の放射化、トリチウム処理 | 7-22 |
| 5 | 新しい方式によるBNCT用加速器中性子源 | 7-22 |
| 5.1 | エネルギー回復型内部標的 (ERIT) 方式の原理 | 7-22 |
| 5.2 | ERIT方式を用いたBNCT用加速器中性子源 | 7-23 |
| 5.3 | イオン化冷却とERIT用FFAG蓄積リング | 7-24 |
| 5.3.1 | イオン化冷却 | 7-24 |
| 5.3.2 | FFAG加速器 | 7-26 |
| 5.4 | FFAG-ERIT加速器中性子源の開発 | 7-27 |
| 5.4.1 | 入射器システム | 7-27 |
| 5.4.2 | FFAG蓄積リング | 7-28 |
| 5.4.3 | 高周波加速空洞 | 7-30 |

| | | |
|-------|------------------------------|------|
| 5.4.4 | ターゲット、モデレータ | 7-31 |
| 5.5 | ERIT方式の性能評価 | 7-32 |
| 5.5.1 | モンテカルロシミュレーションによるERIT方式の性能評価 | 7-32 |
| 5.5.2 | ERIT中性子源のビーム実験 | 7-33 |
| 5.6 | FFAG-ERITその後 | 7-34 |
| 6 | おわりに | 7-34 |
| | 参考文献 | 7-34 |