

クラスターイオン用誘導加速マイクロトロン

高山 健

高エネルギー加速器研究機構・加速器研究施設

東京工業大学大学院・総合理工学研究科・創造エネルギー専攻

1990年代初めにオルセーのタンデム加速器で得られた高速クラスターイオンを使った実験報告後、標的の物質原子へのエネルギー付与におけるその非線形効果に興味が集まった。以降、内外で高速クラスターイオンを使った研究が盛んになった。国内ではJAEA高崎研と筑波大タンデム加速器センターの仕事が良く知られている。

これまでクラスターイオンを高速まで加速する手段は静電加速器しかなかった。静電加速器の放電限界から、得られる電圧は概ね20 MV程度である事が知られている。もし円形加速器で繰り返し加速することが可能であれば、より大きなエネルギーを獲得できるのは自明である。既存円形加速器の代表的存在は高周波サイクロトロンとシンクロトロンである。共振器に励起する高周波を使う高周波加速器には所謂周波数のバンド幅が存在する。可変なバンド幅はせいぜい一桁程度であり、非相対論的速度から弱相対論的速度まで急激な速度変化をするクラスターイオンの円形加速は実際困難であると考えられていた。

KEKで2000年に提案された誘導加速シンクロトロンは高周波加速の代わりに誘導電圧パルス加速を行う。この加速方式には周波数バンド幅の制限が無い。任意の周回周波数に応じて加速電圧パルスを発生できる。この加速方式と従来の電子用加速器としての存在しか考えられなかったマイクロトロンを組み合わせた「誘導加速マイクロトロン」(下図参照)を提案する。クラスターイオンの様に質量数と電価数比が圧倒的に大きなイオンを静電加速エネルギーを越えた域まで加速するにはこのマイクロトロンが極めて有効ではないかと考えている。

講演では(1)誘導加速原理の紹介、(2)KEK 500 MeV Boosterを改装して現在重イオンを加速している小型誘導加速シンクロトロン(KEK デジタル加速器)の現状、(3)誘導加速マイクロトロンの概念、(4)C-60を1000ターンで積分加速電圧50 MV(静電加速器の加速電圧相当)を得るマイクロトロン案(リング構成、入出射、90度偏向磁石、軌道解析、加速・閉じ込め)を紹介する。

KEKにはクラスターイオン加速のミッションはない。しかし、国内外で高速クラスターイオンへの興味とユーザーは期待できている。今後、設計を世に問うことになるであろうが、静電加速での経験、高電価クラスターイオン源の可能性、高速クラスターイオンを使った真に面白いサイエンスのテーマなどについて意見交換できることを期待している。

