高エネルギー重イオン核反応モデル JAMQMD Ver.2 の開発

Development of high-energy heavy ion reaction model JAMQMD Ver.2

*小川達彦[1]，橋本　慎太郎[1]，佐藤　達彦[1]，仁井田浩二[2]
[1]原子力機構，[2]高度情報科学技術研究機構

放射線輸送計算コード PHITS(Particle and Heavy Ion Transport code System)において重イオン入射による核反応を扱うモデル(JAM Quantum Molecular Dynamics: JAMQMD)を改良し、残留核生成の再現精度を向上した。

キーワード：量子分子動力学モデル、放射線輸送計算コード、重イオン

1. 緒言

重イオン入射核反応は、宇宙線の線量評価や加速器安全評価において重要となる。放射線輸送計算コード PHITS は、3 AGeV 以上の高エネルギー重イオン入射による反応を JAMQMD により計算するが、周辺衝突反応が扱えないなど反応の再現性に問題があった。本研究では、重イオン入射反応の計算精度を改善するため JAMQMD を改良した。

2. 方法

JAMQMD に対して主に (1)核子間相互作用を相対論不変に記述し、(2) 反応終了時点のエネルギー収支次第で再計算を行うことで、エネルギーを保存させる改良を施した。従来の JAMQMD Ver.1 において、核は座標系のローレンツ変換により不安定になり、核との衝突によらない崩壊と、他の核との衝突による崩壊が判別できなかった。そこで(1)により核を安定に記述し崩壊を抑止することで、周辺衝突を含め反応した場合を明確に識別できるようになる。さらに(2)によりエネルギー保存が満たされない非合理的な反応を除去することが可能となる。

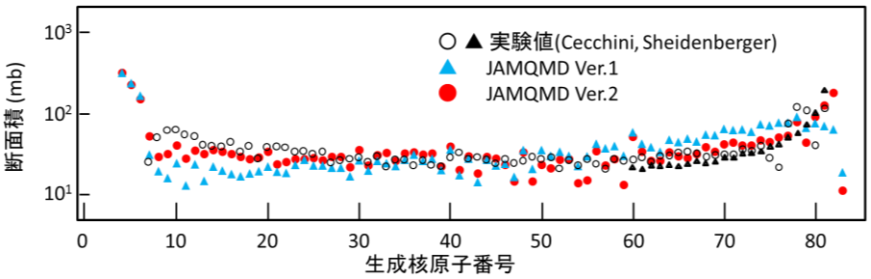

図 1　158 AGeV における ^{208}Pb(^{Nat}C,x)反応の破砕片生成断面

3. 結果・考察

改良後の JAMQMD Ver. 2.0 を PHITS に実装し、実験値を用いて検証を行った。158 AGeV における ^{208}Pb(^{Nat}C,x)X 反応の破砕片生成断面積を図 1 に示す。原子番号が入射粒子の Pb(82)に近づくほど破砕片の生成が急激に増える実験値の傾向は、従来の JAMQMD Ver.1 は再現できないが、改良後の JAMQMD Ver.2 はその傾向をほぼ正確に再現した。これは JAMQMD Ver.2 が周辺衝突を正確に考慮できるようになったためと考えられる。また、14.5 AGeV における ^{28}Si(^{Nat}Cu,x)X 反応の破砕片生成断面積を図 2 に示す。このように軽い核の 10AGeV 程度での反応にでも JAMQMD2 の利点は発揮される。

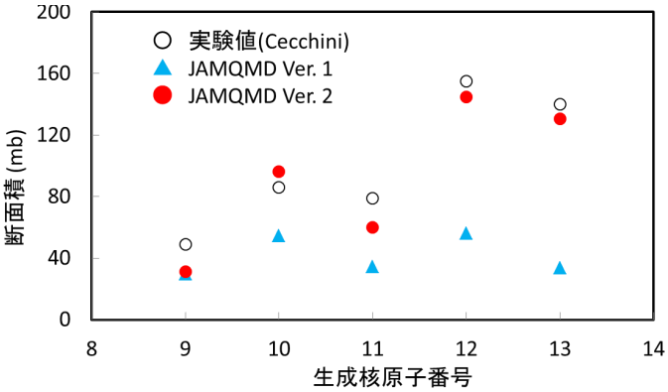

図 2　14.5 AGeV における ^{28}Si(^{Nat}Cu,x)反応の破砕片生成断面

なお、JAMQMD Ver.2.0 は Ver.1 に置き換わり、PHITS の最新版に実装されている。

*Tatsuhiko Ogawa[1], Shintaro Hashimoto[1], Tatsuhiko Sato[1], and Koji Niita[2]
[1]Japan Atomic Energy Agency., [2].Research Organization for Information Science and Technology