

氏名（本籍） ^{よこ}横 ^た田 ^{わたる}渉（神奈川県）

学位の種類 理 学 博 士

学位記番号 博 乙 第 3 5 0 号

学位授与年月日 昭 和 62 年 1 月 31 日

学位授与の要件 学位規則第5条第2項該当

審査研究科 物理学研究科

学位論文題目 **Energy Damping Feature in Light Heavy Ion Reactions**
(軽い重イオン核反応におけるエネルギー損失過程の様相)

主 査 筑波大学教授 理学博士 三 雲 昂

副 査 筑波大学教授 理学博士 山 内 幹 雄

副 査 筑波大学助教授 理学博士 岸 本 照 夫

副 査 筑波大学助教授 理学博士 李 相 茂

論 文 の 要 旨

重イオン同志が衝突する核反応の研究は、現在の原子核物理学の最も重要な分野の1つである。その反応の機構は、イオン (A_1) と標的核 (A_2) の組み合わせ、イオンのエネルギー E の領域により、多くの機構が共存・競合し、複雑な様相を呈する。イオン-標的の衝突が正面衝突に近い場合は、2つの核が融合して複合核 CN を形成する。複合核は非常に高エネルギー状態に励起し、多くの軽粒子を放出する蒸発過程を経るか、ほぼ真二つに分解する核分裂過程を経過する。2つの核がほぼかすり合う衝突の場合は、複合核を形成しない直接反応の様相を示して、準弾性衝突とよばれている。その中間の場合、複合核は形成されずに、大量のエネルギーや核子の交換が起こり、深部非弾性衝突とよばれる。これらの異なった反応機構を識別するには、 $A_1 + A_2 \rightarrow (CN \rightarrow) A_3 + A_4$ (1) という反応において、反応生成物 A_3 (または A_3 および A_4) の核種・エネルギー・生成断面積・角分布等の情報の統合が必要である。

著者は、比較的軽い重イオン（軽重イオン） A_1 と標的 A_2 のいくつかの組み合わせについて、入射 A_1 のエネルギーを変え、 A_3 (または A_3 および A_4) の上記諸物理量を広範囲にわたって測定した。入射系 $A_1 + A_2$ は $^{37}\text{Cl} + ^{12}\text{C}$, $^{37}\text{Cl} + ^{27}\text{Al}$, $^{16}\text{O} + ^{48}\text{Ti}$, $^{37}\text{Cl} + ^{48}\text{Ti}$ である。実験は筑波大学加速器センターと、日本原子力研究所のペレット加速器を用いて行った。入射イオンエネルギーは

100–200MeVの範囲である。

研究の主目的は、(i) 反応式が上記式(1)のように、終状態が2体の核反応であるか、あるいは3個以上の核が生成されるか。(ii) 主な反応機構が、(1)式において中間にCNを形成する核融合–核分裂FFか、またはCNを経由しない深部非弾性衝突DICか、を解明することであった。

反応生成物 A_3 (A_4) の原子番号 Z_3 (Z_4) の識別、エネルギー測定は、イソプタンを用いた気体電離箱とSi半導体検出器との組み合わせから成るカウンターテレスコープを用いた。

180MeV $^{37}\text{Cl} + ^{48}\text{Ti}$ 系における、 Z_3 および Z_4 の同時計測から、反応は主として2体反応であることが確かめられた。

次に生成物 A_3 の原子番号 Z_3 を識別しながら、 Z_3 毎のエネルギー E_3 のスペクトルおよび各 E_3 の最確値 $\langle \text{TKE} \rangle$ 、生成断面積 $d\sigma/d\Omega$ 、および反応Q値による2重微分断面積 $d^2\sigma/d\Omega dQ$ の射出角度依存性、角度にわたって積分した Z_3 毎の生成断面積 σ_z 、および全反応断面積 σ_R を測定した。

Z_3 毎の $\langle \text{TKE} \rangle$ および $d\sigma/d\Omega$ の角分布は、2つの指数関数を示す2成分から成り、2つの異なった反応機構を示すように見える。しかし、Q値のビンに分けた $d^2\sigma/d\Omega dQ$ の角分布の勾配は、折線を示さず、滑らかに移り変わっている。その様子から、反応はDICにおいて A_1 と A_2 が中間に完全なCNとは異なる2重核を形成し、核子の移行数およびエネルギーの損失が大きくなると共に、非弾性度が増大して行く描像と一致している。

一方FFとDICのいずれかより重要な役割を演ずるかを決定するために、対称に近い系 $^{37}\text{Cl} + ^{27}\text{Al}$ と、著しく非対称な系 $^{116}\text{O} + ^{48}\text{Ti}$ を選んだ。この両系はCNを形成するとすれば、 ^{64}Zn を経由する筈である。しかも CN^{64}Zn の励起エネルギーと角運動量を等しくするように ^{37}Cl および ^{16}O ビームの入射エネルギーを決めた。 Z_3 の生成断面積 σ_z の分布は、FF過程を経由すれば、 $(Z_1 + Z_2)/2$ の付近に、一方DICならば、 Z_1 および Z_2 の付近に、ピークをもつ筈である。実験の結果は、いずれの系の場合にも、ピークは Z_1 または Z_2 の付近に見出され、CNを経由するFFとは考え難いことが分った。

結論として、著者の選んだ Z_1 、 Z_2 およびエネルギーの領域において、反応機構は(i)主として2体反応であり、(ii)また ΔZ_3 及び $|Q|$ 、角度 θ の増大と共に徐々に入射運動エネルギーの損失が増大して行く、深部非弾性衝突の過程として解釈されることが判明した。

審 査 の 要 旨

著者は先ず技術面から、気体電離箱および半導体検出器の測定系の特性を究明し、広範囲の入射・射出系にわたって反応生成物の Z_3 の識別、およびエネルギーの精密測定を可能にした。ま

た筑波大学・原子力研究所において、データ処理系を改良・開発し、多岐・複雑な情報の整理を可能にした。

核物理の面から、ここ数年間論争の的であった、(i) 重イオン核反応は2体反応か、(ii) 反応機構は、核融合・核分裂か、非弾性衝突かという困難な問題にメスを入れた。少くとも軽重イオン間の 100–200MeVの入射エネルギー領域においては、核融合–核分裂の寄与は小さく、複雑に見える様相も、エネルギー損失過程の進化という面から解明した。この業績は高く評価される。

よって、著者は理学博士の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。