

氏 名	近 藤 祥 夫 こん どう よし お
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	理 博 第 502 号
学位授与の日付	昭 和 53 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 第 二 専 攻
学 位 論 文 題 目	サブ・クーロン ^{12}C — ^{12}C 反応に見られる共鳴の核分子模型による研究

論文調査委員 (主査) 教授 玉垣良三 教授 小林晨作 教授 武藤二郎

論 文 内 容 の 要 旨

重イオン核反応は、核子ならびに少数核子系による核反応では得ることが難しい原子核に関する知見を与えるので、最近の原子核研究で重要な位置を占めるようになってきており、種々の原子核の組合せと広いエネルギー範囲にわたる研究が進められている。申請者の研究は、これらの課題の中で、軽い原子核同士の低エネルギー領域で発見されている分子的共鳴に関する理論的研究である。

1960年に Chalk River グループによって、 ^{12}C — ^{12}C 系のクーロン障壁近くのエネルギー領域で、幅が約100keV で間隔が約300keV の3本の共鳴が見出された。これは、いくつかの反応チャンネルに共通に現われ且弾性散乱分岐比が大きいことから、入射 ^{12}C — ^{12}C チャンネルで ^{12}C が個性を保って比較的周辺の相互作用でつくられた状態（これを分子的共鳴とよんでいる）であると考えられた。この分子的共鳴を説明する有力な理論として、野上が提唱し今西が展開したモデルがある。このモデルでは、 ^{12}C の第1励起状態（ $4 \cdot 43\text{MeV}$, $2+$ で $^{12}\text{C}^*$ と表わす）が基底状態から容易に励起する回転的状态であることを考慮して、片方の ^{12}C が励起し、この励起エネルギー分だけ相対運動エネルギーが減少することで出来る ^{12}C — $^{12}\text{C}^*$ 中間状態が分子的共鳴として現われると考える。今西は、この励起核分子モデルで、 ^{12}C — $^{12}\text{C}^*$ の相対軌道角運動量 $L=2$ をとり、内部励起の $2+$ と合成して出来る $0+$, $2+$, $4+$ のレベルによって、スピン値を含めて実験とのよい対応を得た。しかし、その後の研究から、この励起核分子モデルの難点が二つの面から指摘された。第一には、クーロン障壁以下にさらに数個の共鳴が見出されるに及んで、このモデルではレベルの数（準位密度）を説明しえないという点である。第二に、100 keV 程度のレベル幅を再現するために用いた弱い虚数部 ($W \cong 100\text{keV}$) の光学ポテンシャルでは、反応の全断面積を再現しえないとの Michaud-Vogt による指摘である。

申請者の研究は、この二つの問題点は、励起核分子モデルを発展させた理論によって解決できることを示したものである。反応の中間状態として上述の ^{12}C — $^{12}\text{C}^*$ 状態に加えて、両方の ^{12}C が第1励起状態にある $^{12}\text{C}^*$ — $^{12}\text{C}^*$ 状態を加え、相対軌道角運動量を $L = 0, 2, 4$ ととれば、得られるレベルの数は

飛躍的に増え、第一の問題点は解決しうることが示された（参考論文2）。申請論文の主要部分は、この視点に立って、第二の問題一個々の狭い共鳴幅を説明する $W \cong 100 \text{ keV}$ の弱い虚数部をもつポテンシャルで全反応断面積を説明しうるか—の解明である。

申請者は、まず光学模型によって ^{12}C — ^{12}C 全反応断面積に見られる共鳴ピーク高の解析を行ない、各部分波毎に運動学的に可能な最大値との比較より、重心系エネルギー $E_{\text{cm}} = 6.3 \text{ MeV}$ を中心に $L = 2$ の幅広く最大値に近い高さのポテンシャル共鳴の存在を確かめている。次に、この ^{12}C — ^{12}C 弾性チャンネル共鳴と強く結合する構造として、内部励起核分子配位、即ち ^{12}C — $^{12}\text{C}^*$ 及び $^{12}\text{C}^*$ — $^{12}\text{C}^*$ の束縛又は準束縛状態を導入する。計算は、 ^{12}C には扁平軸対称変形の回転子模型をとり内部励起を記述し、2つの ^{12}C の回転が相対位置ベクトルに対してなす角度に依存する相互作用ポテンシャルが ^{12}C の励起を引起するという形式を採用し、チャンネル結合法の枠組に散乱問題の変分法を適用して実行した。その結果、 $W = 100 \text{ keV}$ とし、ポテンシャルの実数部 V をパラメーターとして扱えば、共鳴の幅、ピーク高、単位密度と共に全反応断面積のエネルギー依存性（1 MeV 幅で平均）をよく再現出来ることが示された。

以上の結果より、励起核分子モデルは、双方の ^{12}C の励起まで考慮するならば、6.3 MeV 近傍に弾性チャンネル 2^+ ポテンシャル共鳴が存在すること及びこれと強く結合して共鳴の強度を分け持つ非弾性チャンネルの構造によって、クローン障壁以下の分子的共鳴を説明しうるモデルであることが結論として述べられている。

参考論文1は、 α 粒子とCa及びArの散乱における後方角でのピークをパリティ依存性のある光学ポテンシャルで説明したものである。参考論文2は、学位申請論文の先駆をなす研究である。参考論文3は、 α 粒子— ^{16}O 散乱の後方角分布の異常な立上りを ^{20}Ne の軌道高振動状態の高部分波での発現として説明した研究である。

論文審査の結果の要旨

重イオン核反応における分子的共鳴とよばれる現象は、原子核における新しい側面を見出したものとして、発見当時から強い関心をもって研究されてきた問題である。特に申請者がとりあげた ^{12}C — ^{12}C 系のクローン障壁近傍及びそれ以下で現れる幅100 keV程度のものは、核反応での中間的構造を示すものとして、分子的共鳴の性格を明らかにする上で典型的なものと考えられている。

^{12}C — ^{12}C の分子的共鳴を理解する上で1960年代で当時知られている3本の共鳴の説明に成功を収めたかに見えた野上—今西モデル（励起核分子モデル）が、1970年頃より蓄積されてきた実験の情報からみて、二つの面で重大な難点を含むことが問題となってきた。即ち、サブ・クーロン領域の多くの共鳴を再現できないこと及び個々の100 keV程度の狭い幅を再現するように選んだ弱い虚数部をもつポテンシャルでは全反応断面積を再現しえないとの Michaud — Vogt の指摘である。彼等は、 $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C} \rightarrow ^{12}\text{C} + 3\alpha$ という片方の ^{12}C の3 α への解離を伴う中間状態を考えるモデルを提出した。しかし、4体問題的性格の困難さからその理論的展開は実行されておらず、 $^{12}\text{C} (^{12}\text{C}, \alpha) ^{20}\text{Ne}$ 反応で傍証が論じられている程度であり、また全反応断面積の説明にはクローン障壁以下での吸収という考えを現象論的に導入しているにすぎない。従って、最近の実験データの特徴を再現しうる理論はない状況にあり、

分子的共鳴を記述する有効なモデルが要請されていた。

申請者の論文は、励起核分子モデルを両方の ^{12}C が励起する 状態までとり入れるように拡張することによって、励起核分子モデルに提出されていた上述の難点は解決しうるものであることを示したものである。このように中間状態の配位を拡張すると、レベルの数（準位密度）を再現することが出来ることが、まず示された。次いで、狭い共鳴幅を再現するように選ばれた弱い虚数部をもつポテンシャルを用いて共鳴のピーク高と共に全反応断面積のエネルギー依存性を説明することに成功した。分子的共鳴の実験的特徴を再現する上で、弾性散乱チャンネルでの6.3 MeV を中心とする 幅の広い 2^+ 共鳴の存在及びこれと強く結合して共鳴の幅を分ち持つ構造が非弾性チャンネルに存在することが本質的であるとの認識は重要である。これはまた、サブ・クーロン領域での強い吸収という仮説を導入する必要のないことをも意味する。問題点としては、用いたポテンシャルの実数部をチャンネル毎に異なった値にとって、共鳴の位置、スピンの値の特徴を再現していることである。これは、 ^{12}C の励起を内部構造 を変えない回転励起であるという単純化した扱いに起因する可能性があり、この申請論文の定式化の枠組をこえた問題を内含していると思われる、将来の研究課題である。

要約すれば、申論諸文は、 $^{12}\text{C} - ^{12}\text{C}$ 系のクーロン障壁以下の分子的共鳴を説明する最も自然な モデルとして、励起核分子モデルを発展させ、その有効性を明らかにしたものであり、他の系における同様な分子的共鳴の理解に有効な理論的足場を提供しており、原子核の反応機構及び分子的構造の解明に寄与するところが大きい。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。