



Title	NUCLEAR SPIN POLARIZATION OF ^{12}B PRODUCED IN ^{14}N INDUCED REACTIONS
Author(s)	Tanaka, Kazuhiro
Citation	大阪大学, 1983, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/24601
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名・(本籍)	田中 かずひろ
学位の種類	理学博士
学位記番号	第 6177 号
学位授与の日付	昭和 58 年 9 月 28 日
学位授与の要件	理学研究科 物理学専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	重イオン核子移行反応成核 ¹² B の核スピン偏極
論文審査委員	(主査) 教授 南園 忠則 (副査) 教授 江尻 宏泰 教授 池上 栄胤 教授 鹿取 謙二 教授 森田 正人 助教授 高橋 憲明

論文内容の要旨

核反応で生成する原子核のスピン偏極は反応機構を理解する上で重要な物理量である。今回重イオン反応 (¹⁴N, ¹²B) で生成する¹²B の核偏極を測定し、そのエネルギー損失 (Q 値)、反応角度及び標的核質量数の関数としてのふるまいの系統的变化を発見した。その結果核偏極を通じて重イオン反応を現象論的に理解できた。

使用した標的核は²³²Th, ¹⁰⁰Mo, ^{nat}Cu, ^{nat}Fe, ⁴⁵Sc 及び ²⁷Al である。入射 ¹⁴N エネルギーは 120 MeV と 200 MeV、測定角度は古典的接触角度 (Grazing angle) 付近である。実験方法は、まず飛程分析を用いて、核反応で生成する¹²B の内、特定の運動エネルギーをもつものを選択的に捕集体内中に植え込む方法を開発した。次に捕集体内から放出される β 線の非対称分布を利用する核偏極の決定法を用いた。捕集体内に植え込んだ¹²B の核偏極をその寿命の間保持する為に必要な技術と、信頼できる核偏極測定を行う為の核磁気共鳴 (NMR) の方法による核スピン制御の技術なども改良して用いた。

得られた¹²B の核偏極は、標的核質量数が 56 (^{nat}Fe) より大きい場合、反応 Q 値最大の領域で大きな負の値を示し、Q 値が小さくなるにつれて正又は零の値を示し、Q 値が最も小さくなる領域で再び負の値を示した。Q 値最大の領域での負の核偏極は、入射 ¹⁴N から標的核への陽子二個の直接反応的同時移行を反映するものとして定性的に理解できた。又 Q 値の小さな領域での正及び負の核偏極は巨視的核摩擦力模型の予言する正及び負の偏向角度をもつ反応機構を反映するものと考えられる。

ところが標的核が ²⁷Al の場合、最大 Q 値付近の核偏極は大きな正の値を示し、^{nat}Fe と ²⁷Al の中間の質量数をもつ ⁴⁵Sc の場合は、ほぼ零の値を示した。この事は核偏極に対する直接反応の寄与が標的核質量数が小さくなるにつれて減少し、巨視的反応機構のみを反映する様になったものと考えられる。核偏極に

反映する反映機構の変化は、核偏極の反応角度依存性にも表われた。古典的接触角度の後方では、直接反応を反映する核偏極は弱まり、核偏極のふるまいは巨視的核摩擦力模型の予言に近いものになった。これらの事実は、反応Q値最大の領域では直接反応と巨視的反応過程が共存し、その相対的強度が標的核質量数及び反応角度の関数として変化する事を示している。この様な共存現象は、今回の核偏極測定によって初めて明らかになったものである。

実験で得られた核偏極のふるまいは、直接反応模型と巨視的模型を用いて良く再現できた。この時得られた核摩擦力系数はHuizenga達がXe+Bi反応で得た値と良く一致している。

論文審査の結果の要旨

重イオン核反応では入射粒子の質量が大きいために、de Broglie波長が核間相互作用半径に比べて短かく、また反応系に持込まれるエネルギー、核子数、角運動量が大きいために、その反応機構を理解する上で、古典的なクローン軌道や衝突係数等を近似的に用いる事が出来ると考えられている。例えば、反応断面積や散乱角度分布に見られる深部非弾性衝突、接触衝突、遠方衝突の理解のために、すでに巨視的核摩擦模型や微視的（核子移行過程）模型が提唱されている。しかしながら未だ反応機構は十分に解明されていない。一方反応に関与する軌道角運動量が生成核のスピンに大きく移行する事が放出放射線の多重度や非等方角度分布から検出されており、これは上記の理論的予測と一致している。しかしながら上記のモデル検証のためには移行した角運動量の方向が独立の重要な指標となるが上記の方法はこれに無力であった。それ故核スピン偏極の測定法の開発を行い¹⁰⁰Mo (¹⁴N, ¹²B)反応による¹²Bの偏極を（ β 線角度分布によって）検証した結果、非弾性散乱において古典的軌道が成立している事と反応Q値の大きい領域で直接核子移行過程が顕著な事が発見されてその定量的研究と一般性の確認が急がれていた。

本研究では¹²B偏極の運動エネルギー及び角度依存性を標的核の質量数A=27~232と¹⁴Nの入射エネルギー120 MeVと200 MeVの範囲にわたって測定して反応機構の研究を行うものである。反応による¹²Bのエネルギースペクトルは連続であるので¹²B偏極のエネルギースペクトルの測定は一般には困難である。ここでは飛程分析法を開発し、発展させてこの測定を可能にするとともに、偏極を精度良く決定するために偏極保持の技術と、NMR法によるスピン操作の技術を改良した。偏極のエネルギースペクトルから次の系統性が確立された。
i) 各標的について、Q値の小さな領域での偏極のエネルギー依存性は互に類似している。
ii) 軽い²⁷Al核を用いた場合にQ値の最大値の領域で大きな正の偏極が発見された。
iii) Q値の小さな領域でQ値の減少とともに偏極が正から負に変わる。この偏極零点でのQ値は系統的に標的質量数に依存する。すなはち、ii)はQ値最大の領域で巨視的過程が直接核子移行過程と競合している事を新たに示している、i)とiii)から重イオン反応での軌道の概念が確立されるとともに、偏極のエネルギースペクトルの相対的振舞いが一定の核摩擦係数で理解されることを示した。このように本研究では理論的研究に先立って偏極の実験的系統性を出し、この相対的振舞に着目して摩擦係数を定量的に導出する試みを行った。これは核偏極を重イオン反応機構の微視的かつ定量的な解明に

用いる可能性を示したものとして意義深い。よって本研究は理学博士の学位論文として十分価値あるものと認める。