

ディビジョン番号	17
ディビジョン名	資源・エネルギー・地球化学・核化学・放射化学

大項目	3. 核化学・放射化学
中項目	3-1. 核化学・放射化学
小項目	3-1-6. γ 線摂動角相関法

概要（200字以内）	
<p>放射性核種をプローブとして超微細場を観察する分光法の一つに、γ線摂動角相関法がある。本法では、励起核から連続して放出される二つのγ線の方向と時間差を観測することで、プローブ周辺の局所場を観察し、物質の構造や性質の微視的な情報を得ることができる。従来は化学的な手法によって目的物質に放射性核種（プローブの親核）を導入していたが、近年の加速器技術の進展によって、短寿命核を利用する手法が開発されつつある。</p>	
現状と最前線	
<p>不安定原子核が脱励起する際に連続して放出されるγ線の相対的な放出方向（角相関）には、一般に異方性がある。角相関法は、異方性の大きさを求めることでその放射に関与する励起準位の核スピンやγ線の多重度の情報が得られる分光法である。核外の電荷分布や電子スピンの超微細相互作用によって核が外場から摂動を受ける場合、角相関の異方性は時間的に変動する。摂動角相関法は、この現象を利用した励起核の電磁モーメントを測定する有効な手段として、従来原子核物理の分野で適用されてきた。これとは反対に、電磁モーメントが既知の原子核を興味ある物質中に導入して異方性の時間変動を観測することで、そのプローブ核をとりまく物質固有の局所場についての情報を得ることができるので、本分光法は物性研究にも応用されてきた。</p> <p>γ線摂動角相関法は、<u>1) 超微細相互作用による核スピンの歳差運動の周期から核位置での内部磁場や電場勾配を見積ることで、プローブ周辺の磁気構造や原子配置を推定することや、</u> <u>2) 核外場からの動的摂動に惹起される核スピン緩和の緩和時間からプローブ核の運動の時間スケールや活性化エネルギーについての情報を得ることが可能なので、固体物性のみならず液体を対象とする研究にも適用されている。</u></p> <p>しかし本法を実際の物性研究に応用する場合、多種多様な不安定核のうち適用可能なプローブは、限られた壊変特性（異方性の大きさや中間状態の寿命、核モーメントなど）をもつ原子核にのみ限定される。また、プローブの親核を化学操作によって試料へ導入する場合、その核種は数十分以上の寿命をもつことが要求されるため、物性研究に適用可能な原子核はさらにごく一部の核種に限られる。従って新しいプローブを開発し、かつ目的物質への導入法を検討することは、研究対象領域を広げる意味において有意義である。このような現状の中で、近年、短寿命核を核反応で生成し、そのままRI ビームとして目的物質に打ち込んで測定するいわゆ</p>	

るオンライン法により、様々な新規プローブが開発されつつある。

一例として、筆者らが新しく開発した ^{19}O （半減期 26.9 秒）を親核とする ^{19}F プローブを用いた実験を紹介する。 ^{22}Ne の入射核破砕反応によって生成した ^{19}O 核をビームとして高配向熱分解グラフィット（HOPG）に打ち込み、オンラインで摂動角相関測定を行った。18 K で得られた摂動角相関スペクトルを図 1 に示す。縦軸はカスケード γ 線の放出方向の異方性の大きさを示し、カスケード γ 線の放出時間差の関数として示されている。このスペクトルの周期性はプローブの ^{19}F 核の歳差運動を反映しているため、この周期を解析することにより、核位置での電場勾配の大きさや核をとりまく電荷分布の対称性を見積もることができ、さらには HOPG 中でのプローブの占有位置を同定することが可能となる。また、スペクトルの温度依存性を詳細に調べることで、プローブの挙動についての情報が得られる。

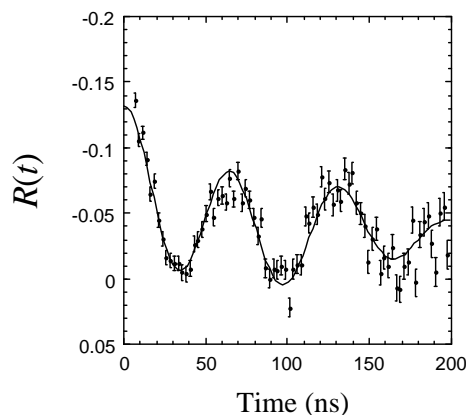


図 1 HOPG 中 $^{19}\text{F}(\leftarrow^{19}\text{O})$ をプローブとする 18 K における摂動角相関スペクトル。

このように、摂動角相関法はマトリックス中に存在する希薄原子の存在状態や動的な挙動や磁氣的電氣的相互作用を直接観察することができるので、バルクを対象とする分光法では得られない局所場の情報が得られる。従来のプローブに加え、今後 ^{19}F 以外にも摂動角相関法への適用条件を満たす不安定核プローブを新たに開発し、オンライン法をより広く物質科学研究に応用することが期待される。

このように、摂動角相関法はマトリックス中に存在する希薄原子の存在状態や動的な挙動や磁氣的電氣的相互作用を直接観察することができるので、バルクを対象とする分光法では得られない局所場の情報が得られる。従来のプローブに加え、今後 ^{19}F 以外にも摂動角相関法への適用条件を満たす不安定核プローブを新たに開発し、オンライン法をより広く物質科学研究に応用することが期待される。

将来予測と方向性

- ・ 5 年後までに解決・実現が望まれる課題
 - 1) データ収集系の高効率化
 - 2) 新規プローブの開発と物性研究への応用
- ・ 10 年後までに解決・実現が望まれる課題

キーワード

超微細相互作用、磁気構造、電磁モーメント、緩和現象、RI ビーム

(執筆: 佐藤 渉・大久保嘉高)