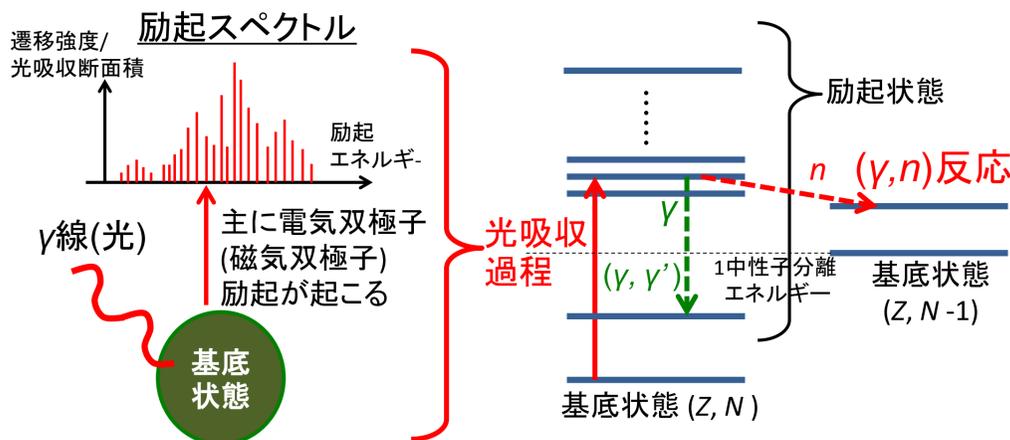


モンテカルロ殻模型による核変換に向けた原子核構造の基礎研究

東京大学原子核科学研究センター 富樫智章

研究概要

原子炉内の核分裂反応によって生じる人工的な核種のうち、寿命(半減期)が数10年～数100万年と長いものは**長寿命核分裂生成物**と呼ばれる。これらの核種は長期的に放射線を出し続けることになるため、短寿命の核種に変える核変換の可能性が議論されている。本研究では、大規模量子多体計算により原子核の構造を精密に調べることで、核変換に関連する基礎的な物理量を得ることを目標としている。

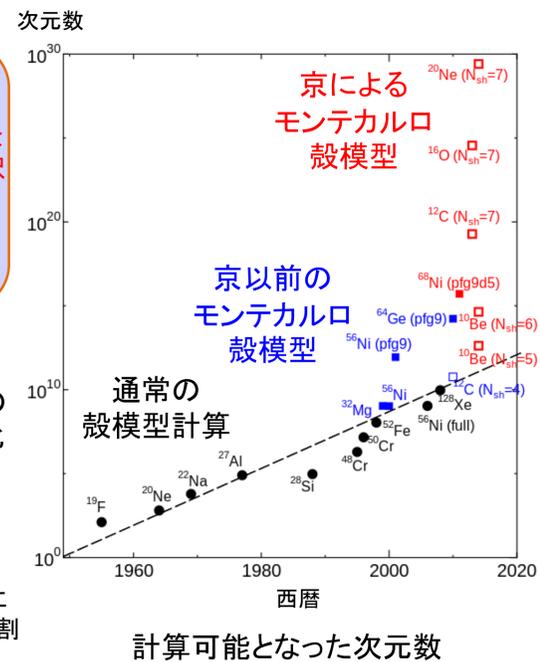
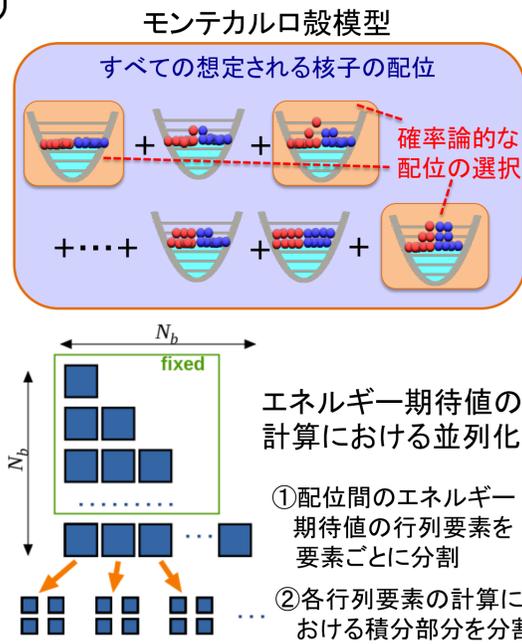


核変換の反応の1つとして (γ, n) 反応がある。原子核が γ 線(光)を吸収して励起する過程で中性子1つを放出し、別の原子核に移行するものである。このときの光吸収の起こりやすさ(光吸収断面積)は (γ, n) 反応の重要な物理量である。本研究では**モンテカルロ殻模型**によって核構造研究の立場から励起スペクトルを求めることで、光吸収断面積を計算する。

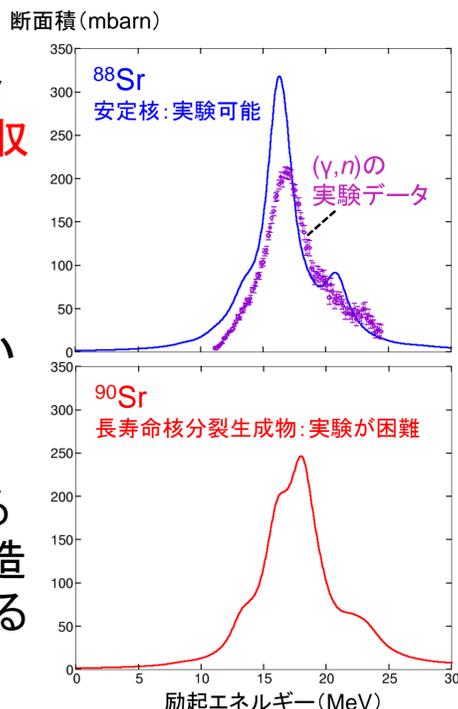
$$\left[\text{光吸収断面積} : \sigma_{\text{abs}}(E) = \sigma(\gamma, \gamma') + \sigma(\gamma, n) + \sigma(\gamma, 2n) + \sigma(\gamma, p) \dots \right]$$

「京」の活用と得られた成果

原子核における精密な量子多体計算の1つとして殻模型計算が知られている。これは平均場内の軌道に核子を詰めていった配位を考え、その配位混合計算を行うものである。**モンテカルロ殻模型**では、確率論を用いて重要な配位を100～1000程度選出する。さらにエネルギー期待値について、「京」の1000～10000ノードの大規模並列計算を行うことで、通常の殻模型計算では 10^{30} 次元(配位数)の行列対角化に相当する計算が可能となった。

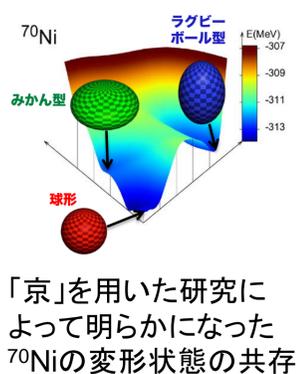


直接実験が困難な長寿命核分裂生成物 ^{90}Sr の**光吸収断面積**を計算した結果。通常の殻模型計算では 10^{36} 次元の行列対角化の計算に相当し、「京」を用いたモンテカルロ殻模型によって初めて計算可能になった。核変換に関連する基礎的な物理量を、核構造研究の立場から求められるようになった。



将来の展望

長寿命核分裂生成物として他に ^{79}Se 、 ^{93}Zr 、 ^{107}Pd 、 $^{135,137}\text{Cs}$ などが知られており、ポスト「京」に向けてこれらの核種の研究が進められる。核力が持つ性質により原子核の状態が励起エネルギーで容易に変わり得ることがこれまでの研究で明らかになり(右図)、核力の性質を考慮し理論計算を精査することで明らかになる核構造の探求が進められる。



「京」を用いた研究によって明らかになった ^{70}Ni の変形状態の共存