

ニュートリノ中性カレント反応理解のための核子・酸素原子核反応に関する研究



田野智大 (岡山大学), E525 experiment collaboration

1. Introduction

超新星背景ニュートリノ (SRN)

- 過去の超新星爆発によるニュートリノ、星の進化や元素合成過程解明の鍵を握っており、スーパーカミオカンデ(SK)で探索が行われている。
- 大気ニュートリノ由来の反応が背景事象となる。

NCQE反応

逆β崩壊(SRN)

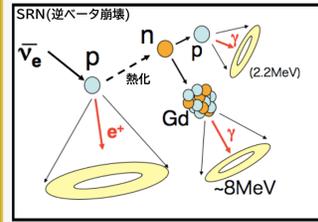
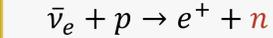


図1. 逆β崩壊の信号

NCQE反応(大気ν)

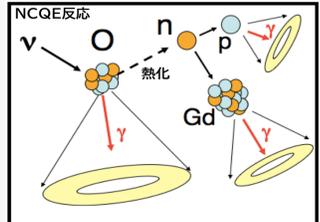
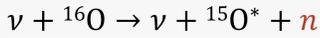


図2. NCQE反応の信号

どちらも中性子を放出する反応であり、信号がよく似ているためSKでは識別不可

シミュレーションによる見積もりが必要

精度が不十分

2次ガンマ線

- NCQE反応後の核子と酸素原子核の反応で放出されるガンマ線
- NCQE反応断面積の測定(T2K実験) → 2次ガンマ線の不定性が大きい

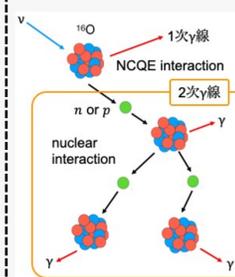


図3. 2次ガンマ線モデル

表1. NCQE反応断面積の系統誤差 (T2K)

	Signal	Background		
	NCQE	NC	non-QE	CC Unrel.
Fraction of Sample	68%	26%	4%	2%
Flux	11%	10%	12%	-
Cross sections	-	18%	24%	-
Primary γ production	15%	3%	9%	-
Secondary γ production	13%	13%	7.6%	-
Detector response	2.2%	2.2%	2.2%	-
Oscillation Parameters	-	-	10%	-
Total Systematic Error	23%	25%	31%	0.8%

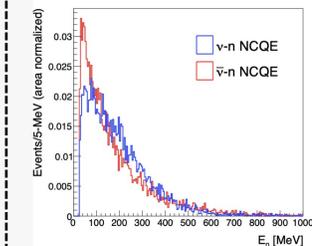


図4. NCQE反応によって放出される中性子のエネルギー

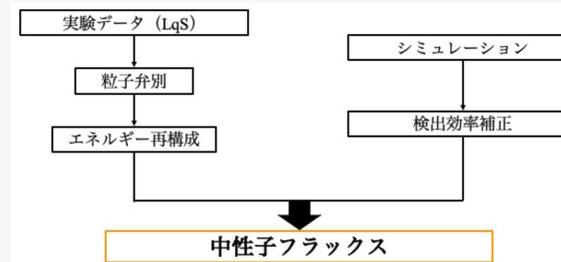
- 数十MeV~数百MeVの中性子と酸素原子核の反応の詳細は理解されていない

Motivation

中性子・酸素原子核反応を理解し、2次ガンマ線の不定性を削減する

3. Analysis

LqS：中性子フラックス



Pulse Shape Discrimination (PSD)による粒子弁別

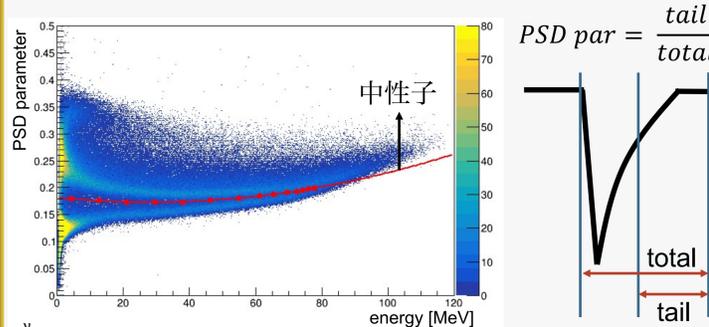


図7. PSD parameter分布

ToFによるエネルギー再構成

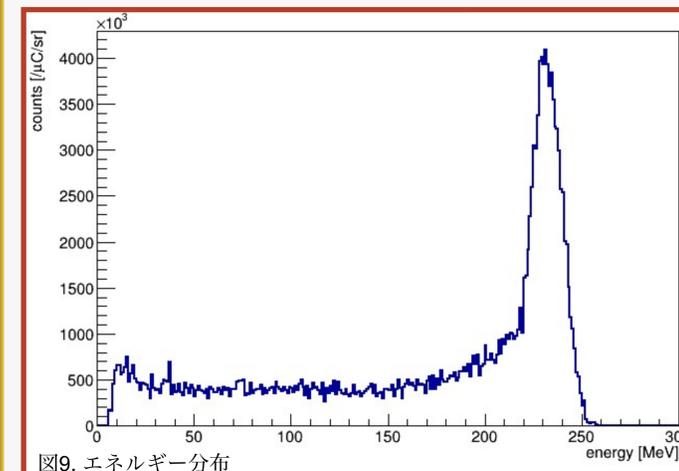
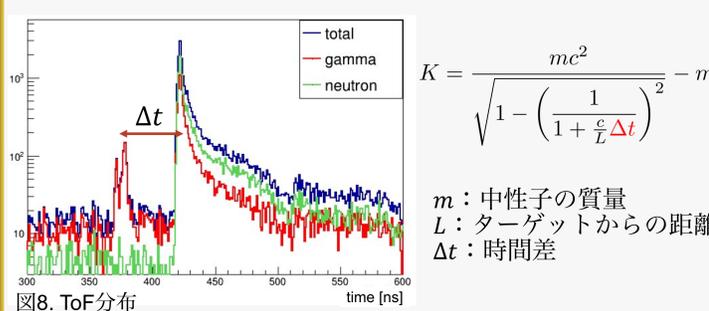


図9. エネルギー分布

250 MeV付近にピークをもつ分布を確認した。

HPGe：ガンマ線スペクトラム

キャリブレーション 表2. キャリブレーションに用いたガンマ線

${}^{60}\text{Co}$	1.17 MeV, 1.33 MeV
${}^{241}\text{Am/Be}$	4.44 MeV
${}^{56}\text{Fe}$	7.63 MeV + S.E. + D.E.
${}^{40}\text{K}$ (環境)	1.46 MeV
${}^1\text{H}$ (熱中性子捕獲)	2.22 MeV

- これらのガンマ線を用いてキャリブレーションを行った。
- よい線形性が確認できた。

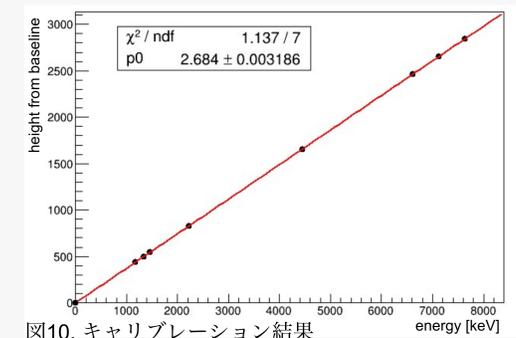


図10. キャリブレーション結果

ガンマ線スペクトラム

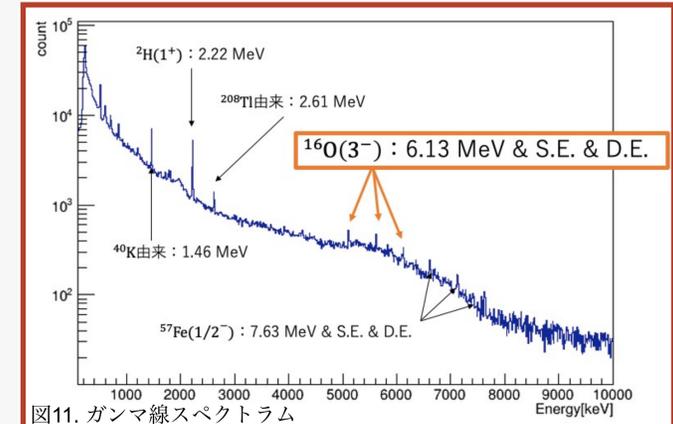


図11. ガンマ線スペクトラム

酸素原子核由来のピークを確認した。

2. E525 experiment

概要

- 大阪大学核物理研究センター(RCNP)で2018年10月30日と同年12月16日に行われた。
- 水標的に中性子を入射し、酸素原子核との反応によって放出されるガンマ線を測定。
- ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$ 反応によって中性子ビームを生成する。陽子のエネルギーは30 MeV・250 MeV。

検出器

- 液体シンチレータ(LqS)：中性子フラックス
- 高純度ゲルマニウム半導体検出器(HPGe)：ガンマ線

30 MeV実験

- 解析済み・論文執筆中(T.Horai et al.)
- 非弾性散乱が支配的であった。
- 現在のシミュレーションモデル(GCALOR)はノックアウト反応が支配的である

モデルの修正が必要

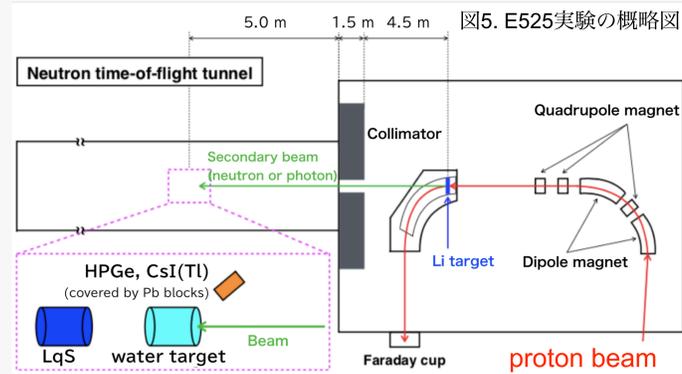
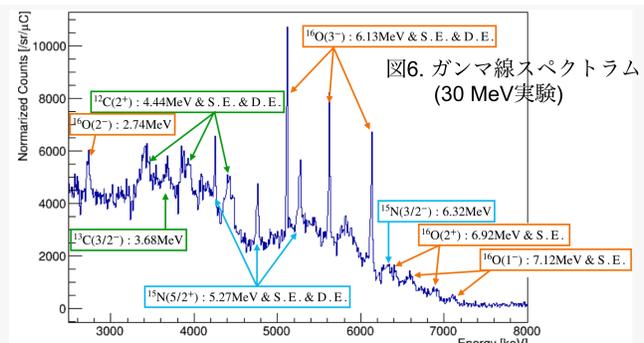


図5. E525実験の概略図



本研究

250 MeVのデータを解析し、反応断面積を算出する。

4. Summary & Outlook

- 中性子・酸素原子核反応を測定するE525実験が行われ、現在250 MeV実験の解析を進めている。
- エネルギー再構成を行い、250 MeV付近にピークをもつ分布を確認した。
- ガンマ線スペクトラムを作成し、酸素原子核由来のピークを確認した。
- 今後は検出効率補正を行い中性子フラックスを求める。さらに、反応断面積を算出する。