

2019/09/19
19pS31-6

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

蓬菜 明日

小汐 由介, 芦田 洋輔^A, 中家 剛^A, WENDELL Roger^A, 森 正光^A, COLLAZUOL Gianmaria^B,
IACOB Fabio^B, KONAKA Akira^C, 嶋 達志^D,

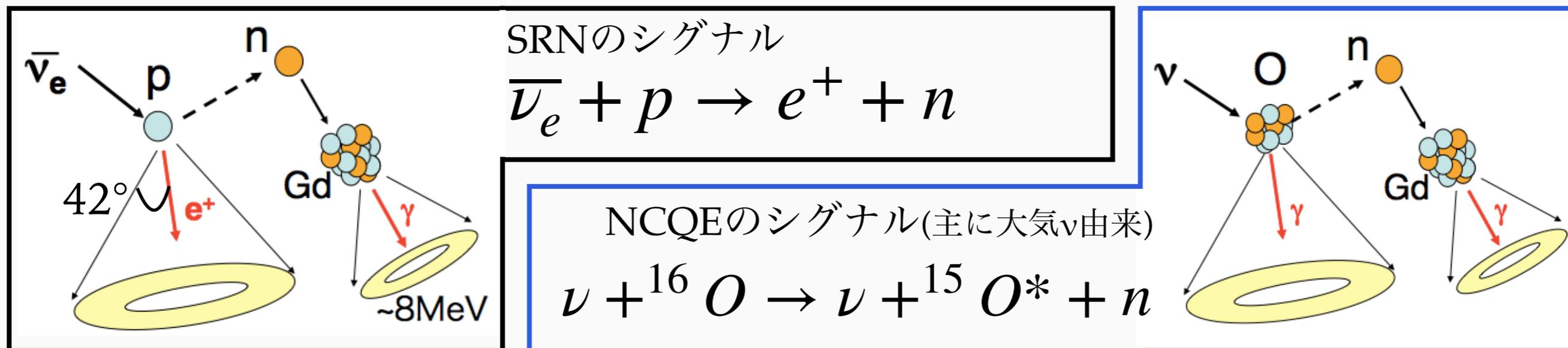
MAUREL Alice^E

岡大理, 京大理^A, Padova University^B, TRIUMF^C, RCNP^D, École polytechnique^E

イントロダクション

研究背景

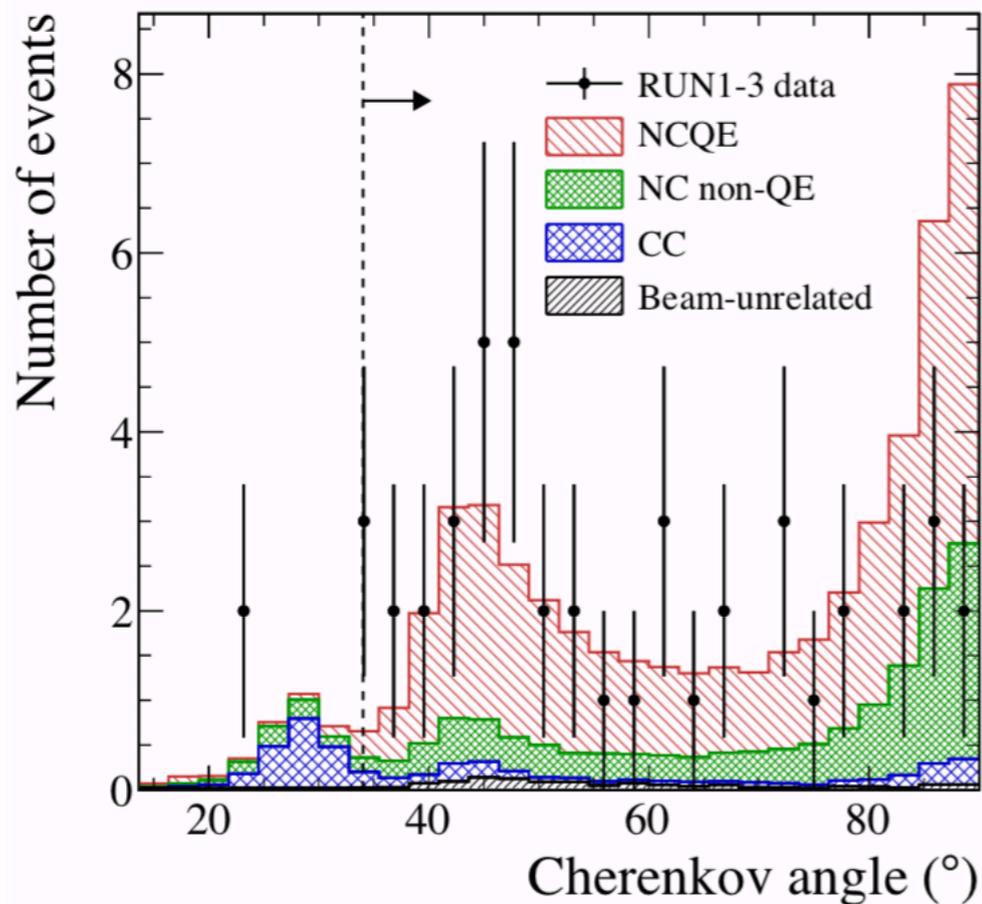
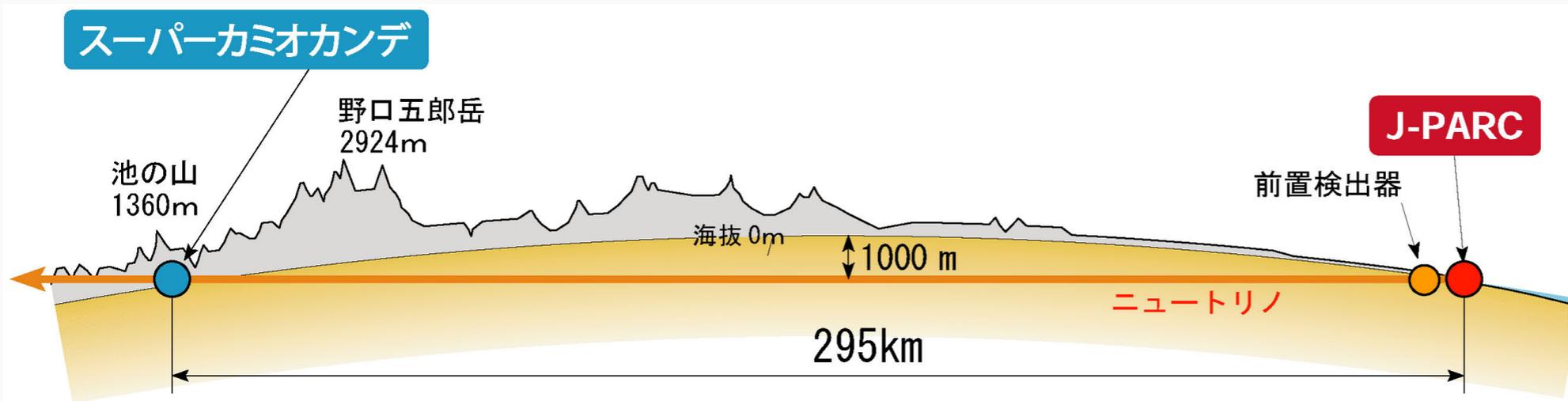
スーパーカミオカンデにガドリニウムを溶かしたSK-Gd計画での
超新星背景ニュートリノ (SRN)探索において、中性カレント準弾性散乱
(NCQE)反応が主要なバックグラウンドになると考えられている



どちらもe+/e-, neutronが観測されるため識別が不可能

→シミュレーションによるNCQE反応の見積もりが重要

J-PARCからSKに向かってニュートリノビームを打ち込む実験



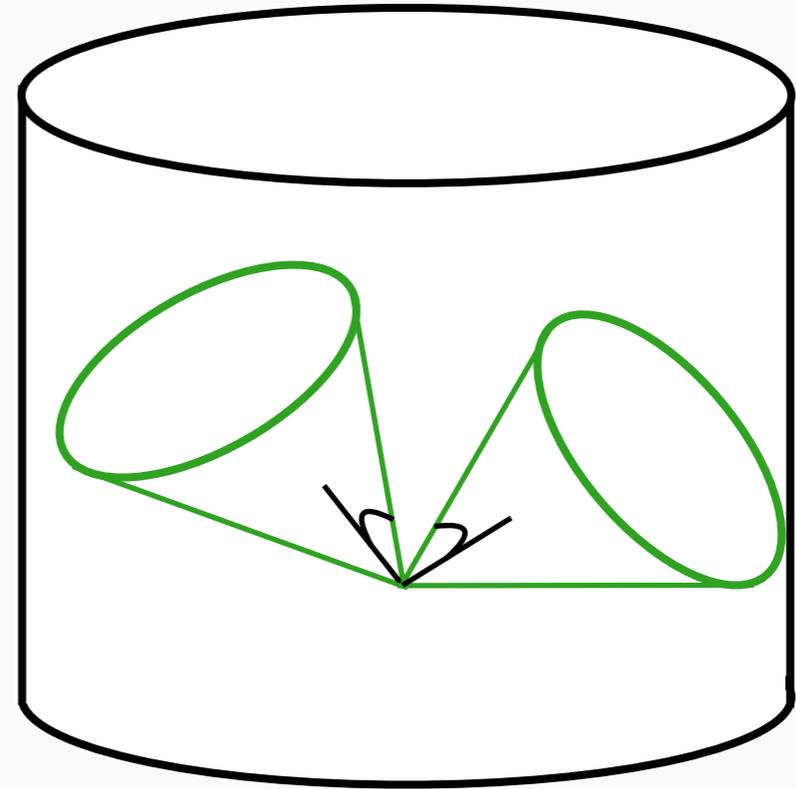
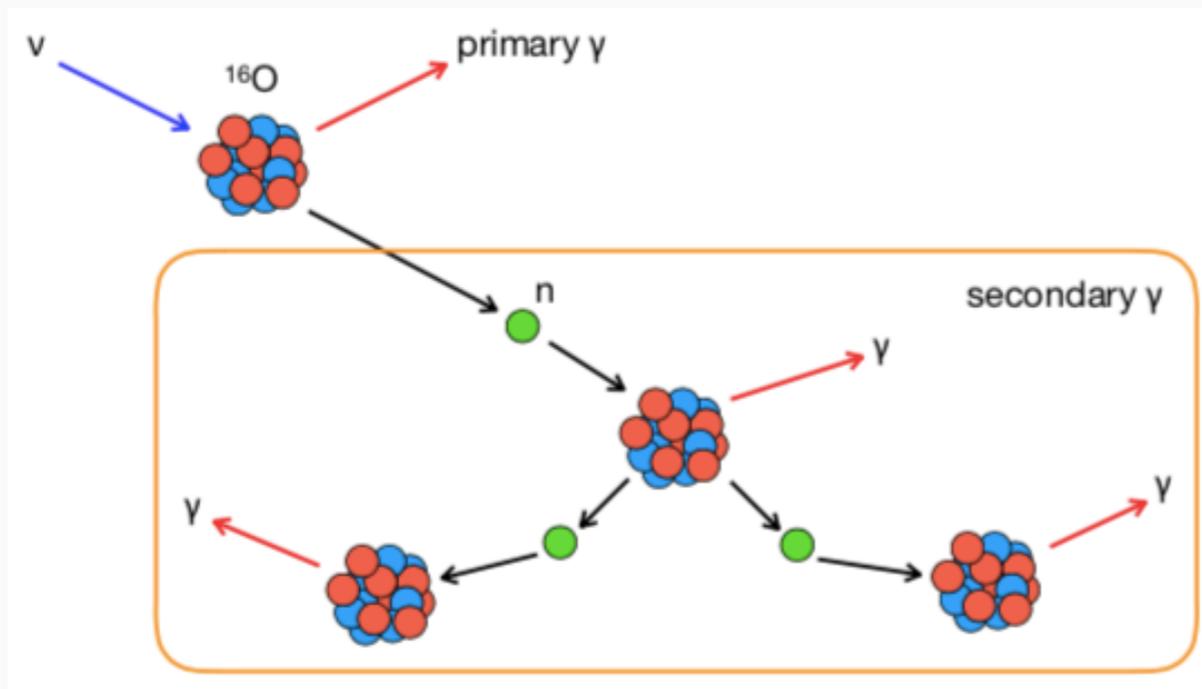
ビームエネルギーのピークは ~ 630 MeV で
大気 ν とほぼ一致

→この実験からNCQE反応の断面積を求め、
シミュレーションを構築

→シミュレーションが実データを再現しない

シミュレーションの問題

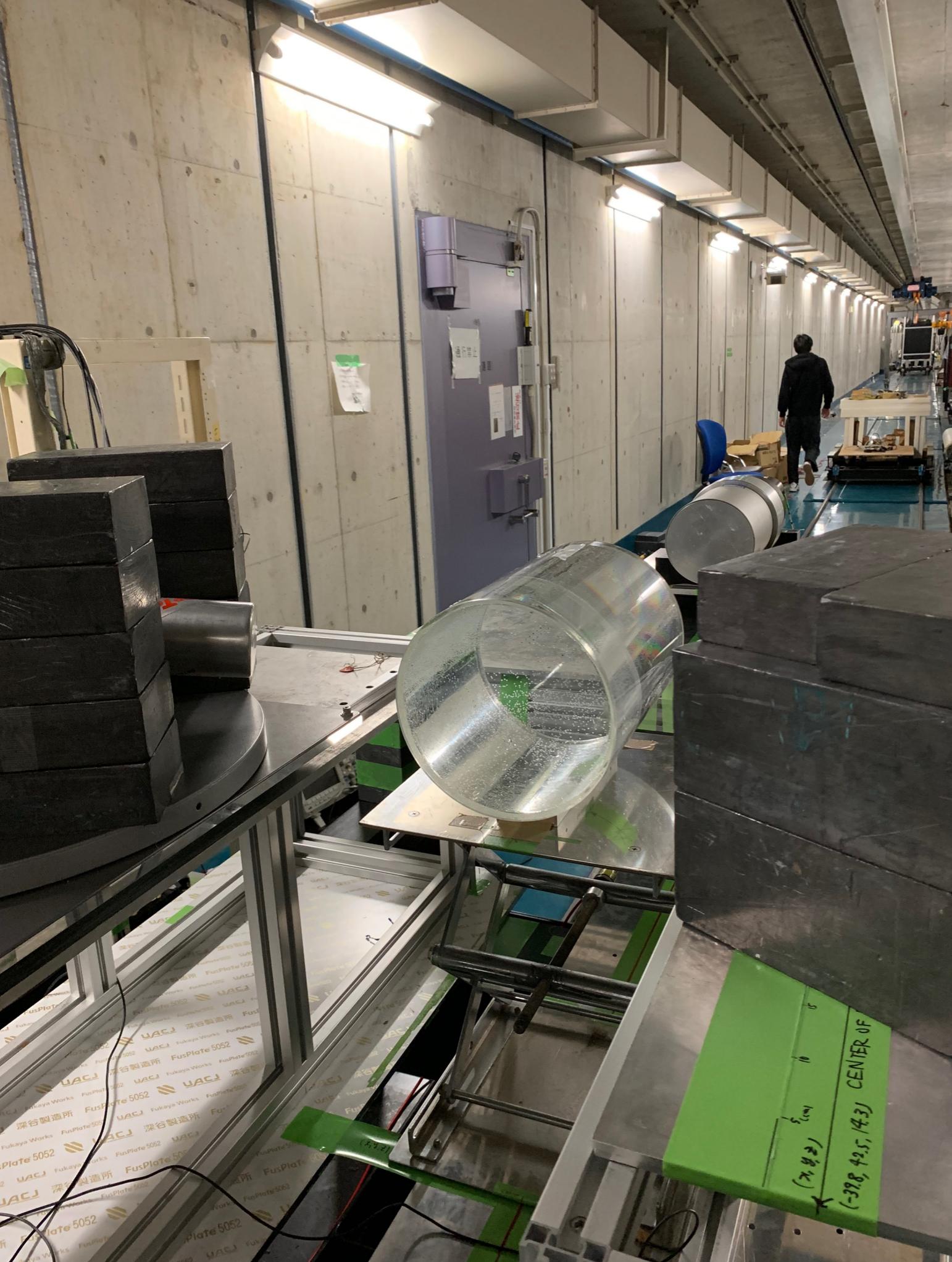
ν の反応後に放出された中性子が他の酸素原子核と反応 \rightarrow 2次 γ 線生成
チェレンコフ角再構成に影響を及ぼす



\rightarrow シミュレーションでは2次過程が多く起こっている？

2次 γ 線生成過程の不定性は13%で他の不定性と比べて一番大きい

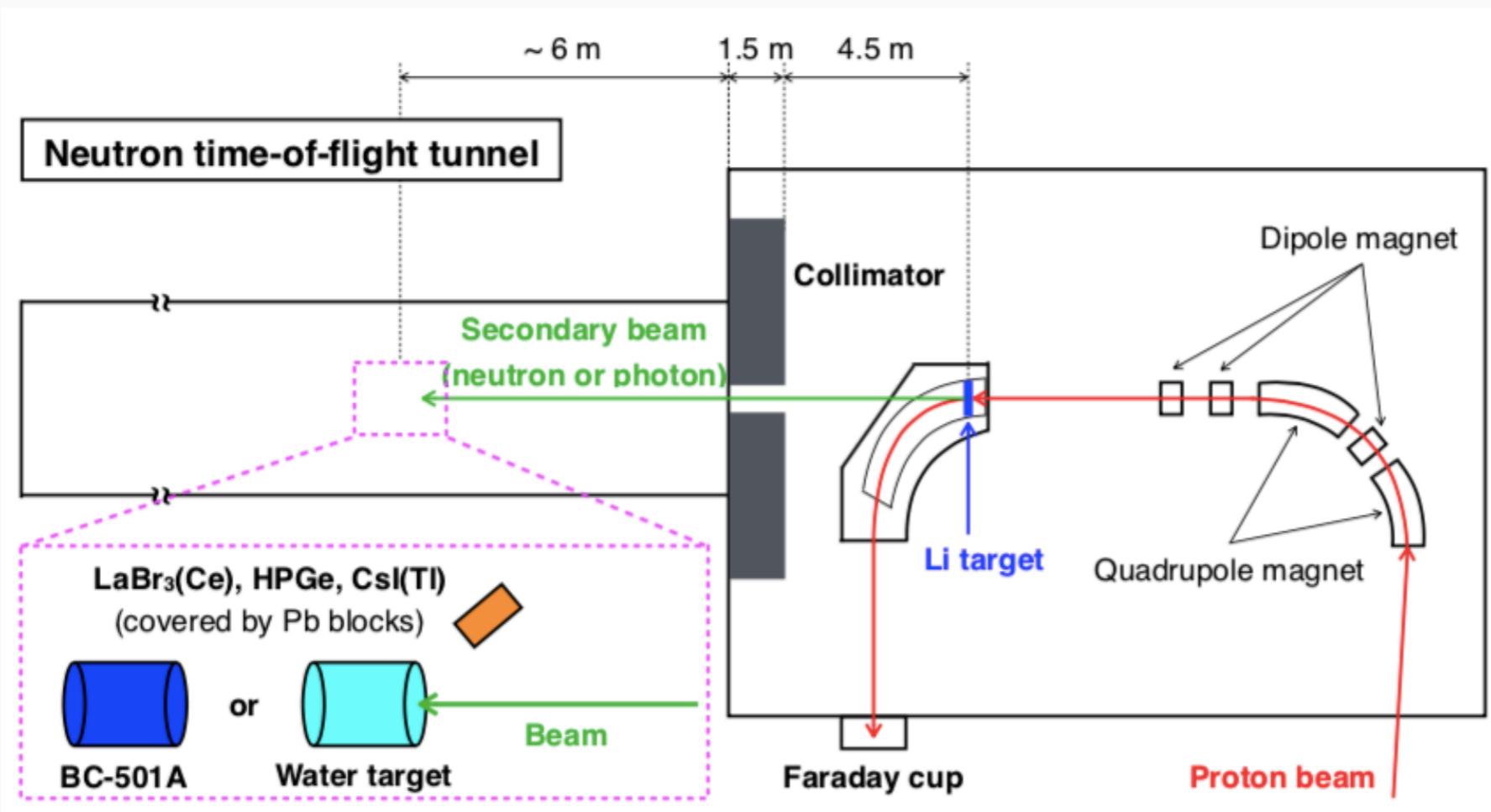
不定性を小さくするために2次過程に関する実験を行なった。



中性子ビーム実験

中性子ビーム実験

大阪大学核物理研究センター(RCNP)にて実験を行った



ガンマ線測定

→ HPGe

フラックス測定

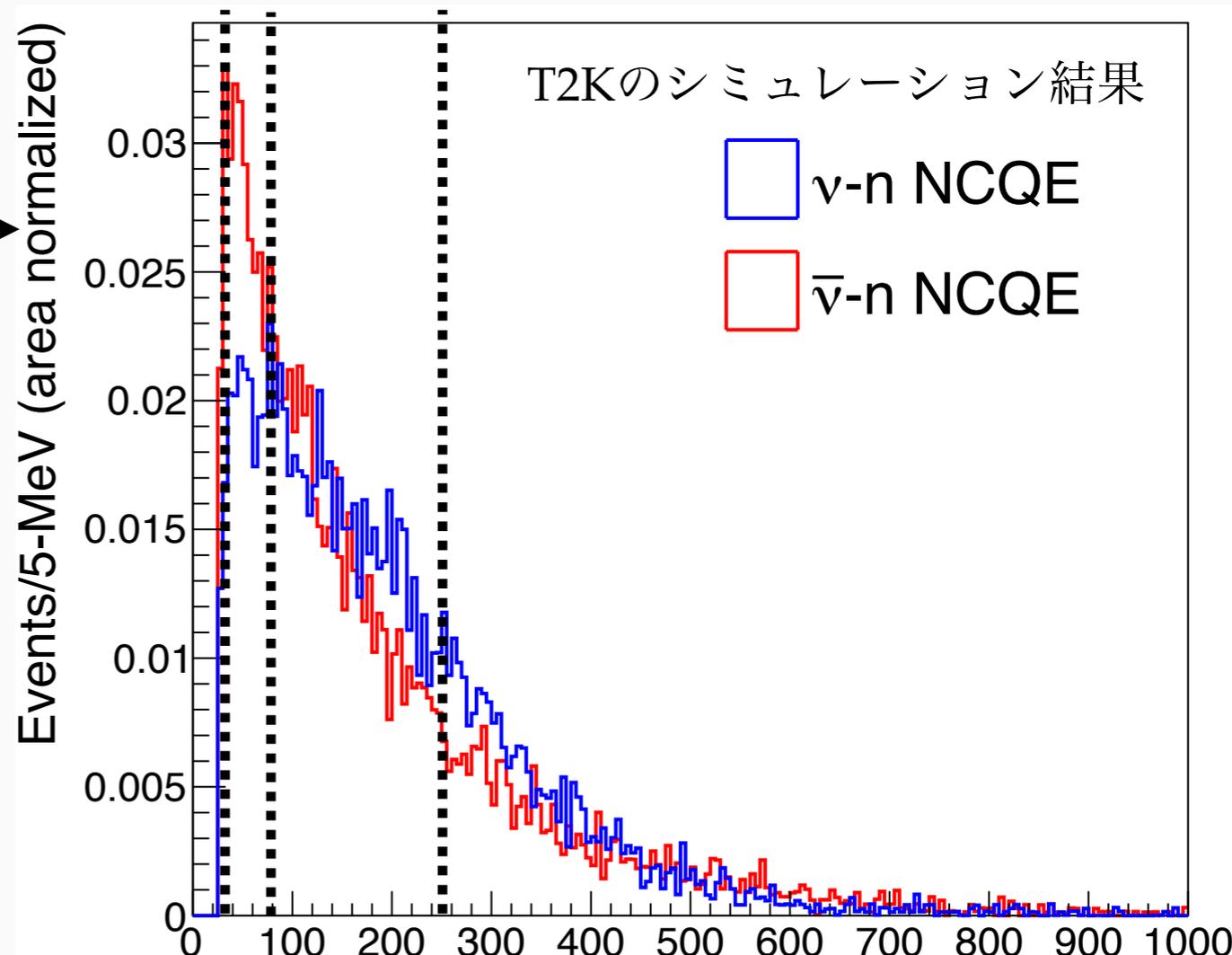
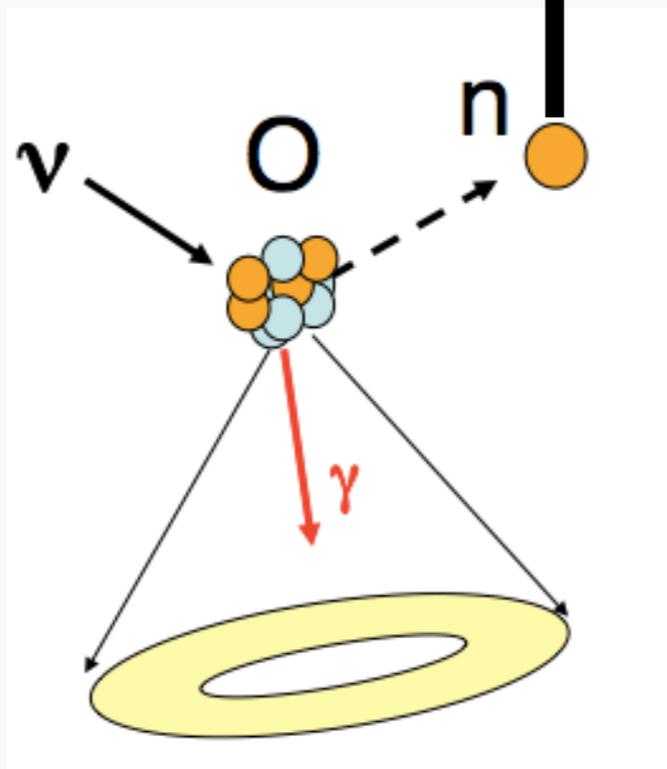
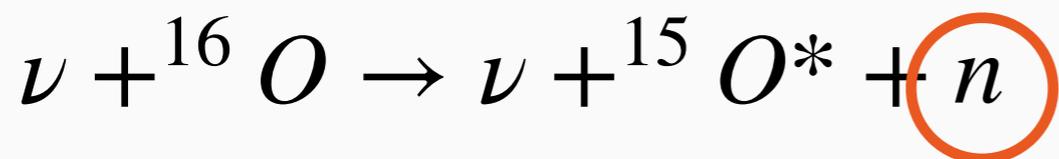
→ 有機液体シンチレータ

(BC501-A)

${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$ 反応により準単色中性子ビームを作り出す

放出されるガンマ線と中性子の飛行時間を用いて中性子のエネルギーカット(Time of Flightカット)を行う。

中性子ビームエネルギーの決定



NCQE反応後に放出される中性子のエネルギー分布 E_n [MeV]

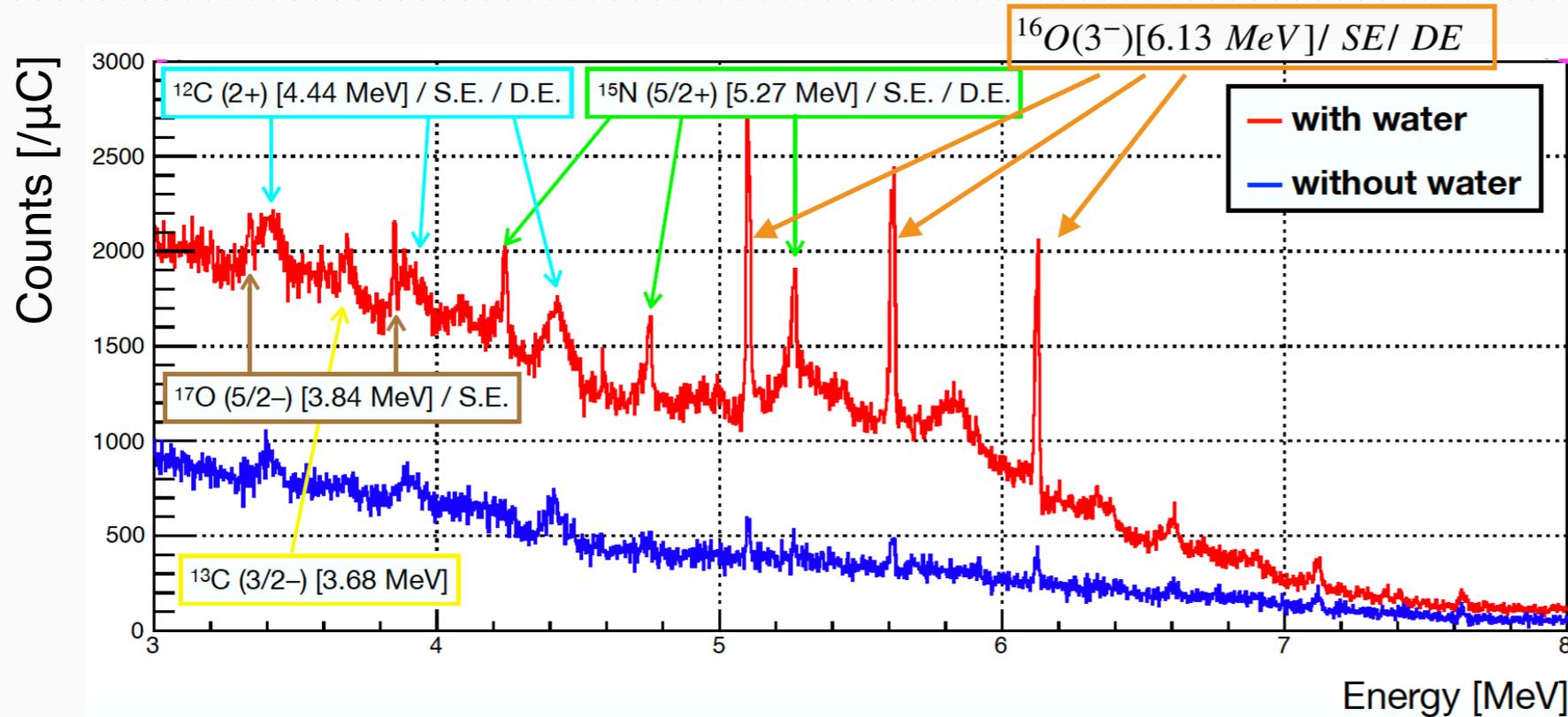
80 MeV : 2017/03/27

250 MeV : 2018/10/30

30 MeV : 2018/12/16

3つのエネルギーで実験を行なった

実験結果



HPGe エネルギー分布図

$^{16}\text{O}^*$ の脱励起ガンマ線 (6.13 MeV)を明確に観測

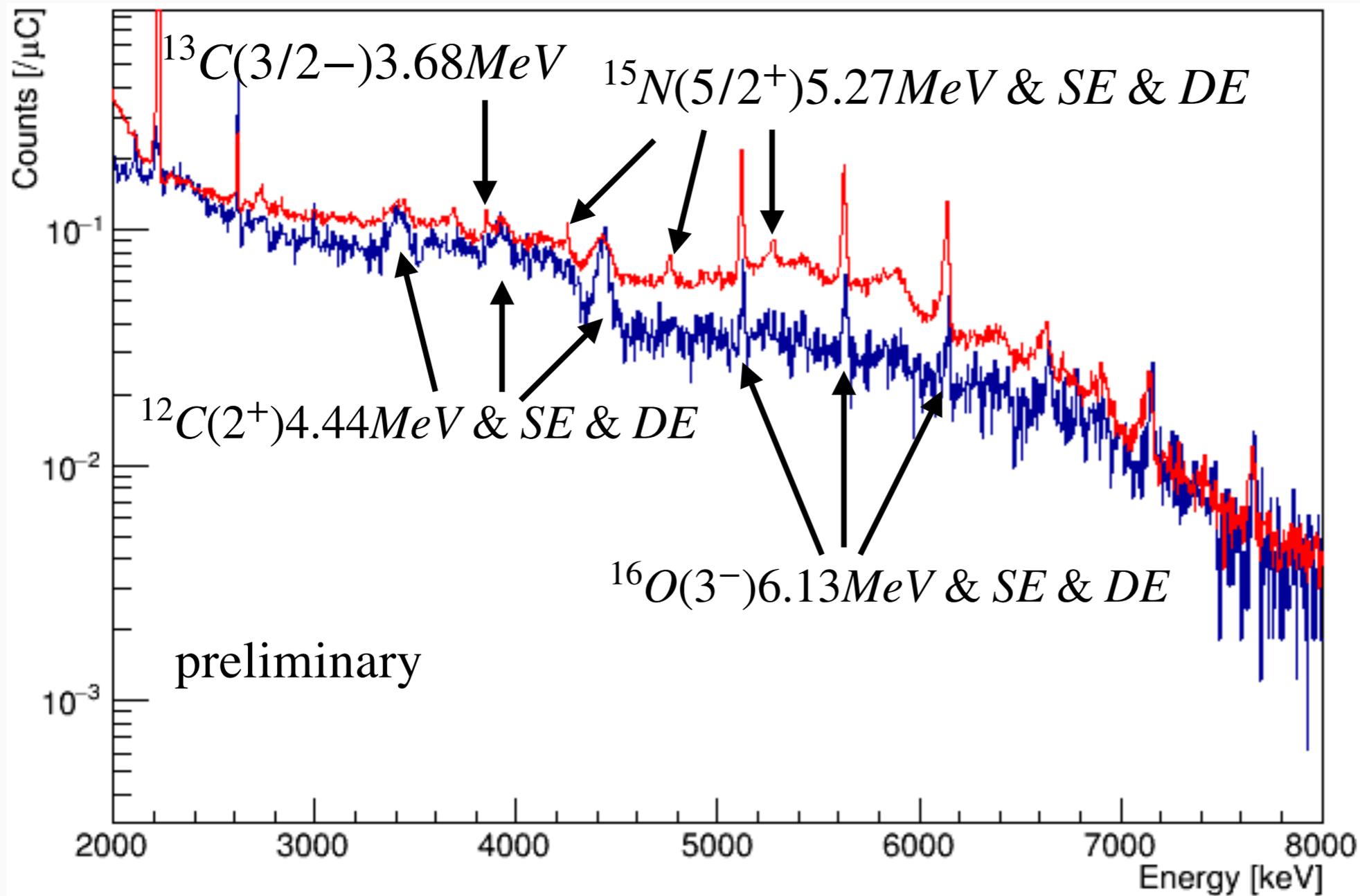
核子を直接弾き出す反応を示唆する6.32 MeVが不明瞭

$6.13 \text{ MeV} \mid ^{16}\text{O}(n, n')^{16}\text{O}^*$

$5.27 \text{ MeV} \mid ^{16}\text{O}(n, n')^{16}\text{O}^* \text{ then } ^{16}\text{O}^* \rightarrow ^{15}\text{N}^* + p, \text{ or } ^{16}\text{O}(n, np)^{15}\text{N}^*, \text{ or } ^{16}\text{O}(n, d)^{15}\text{N}^*$

$4.44 \text{ MeV} \mid ^{16}\text{O}(n, n')^{16}\text{O}^* \text{ then } ^{16}\text{O}^* \rightarrow ^{12}\text{C}^* + \alpha, \text{ or } ^{16}\text{O}(n, n\alpha)^{12}\text{C}^*$

30 MeV実験：水ラン



2.2 MeV
水素 中性子捕獲

2.61 MeV
 ^{208}Tl によるBack ground

7.63 MeV
鉄 中性子捕獲

HPGe エネルギー分布図

80 MeV実験と同様なピークを確認

30 MeV領域でも核子を弾かない反応が支配的

シミュレーション：核子を直接弾き出す反応が支配的

→ 中性子・酸素原子核反応により高速中性子が発生。

複数の脱励起 γ 線が放出され、チェレンコフ角再構成に影響



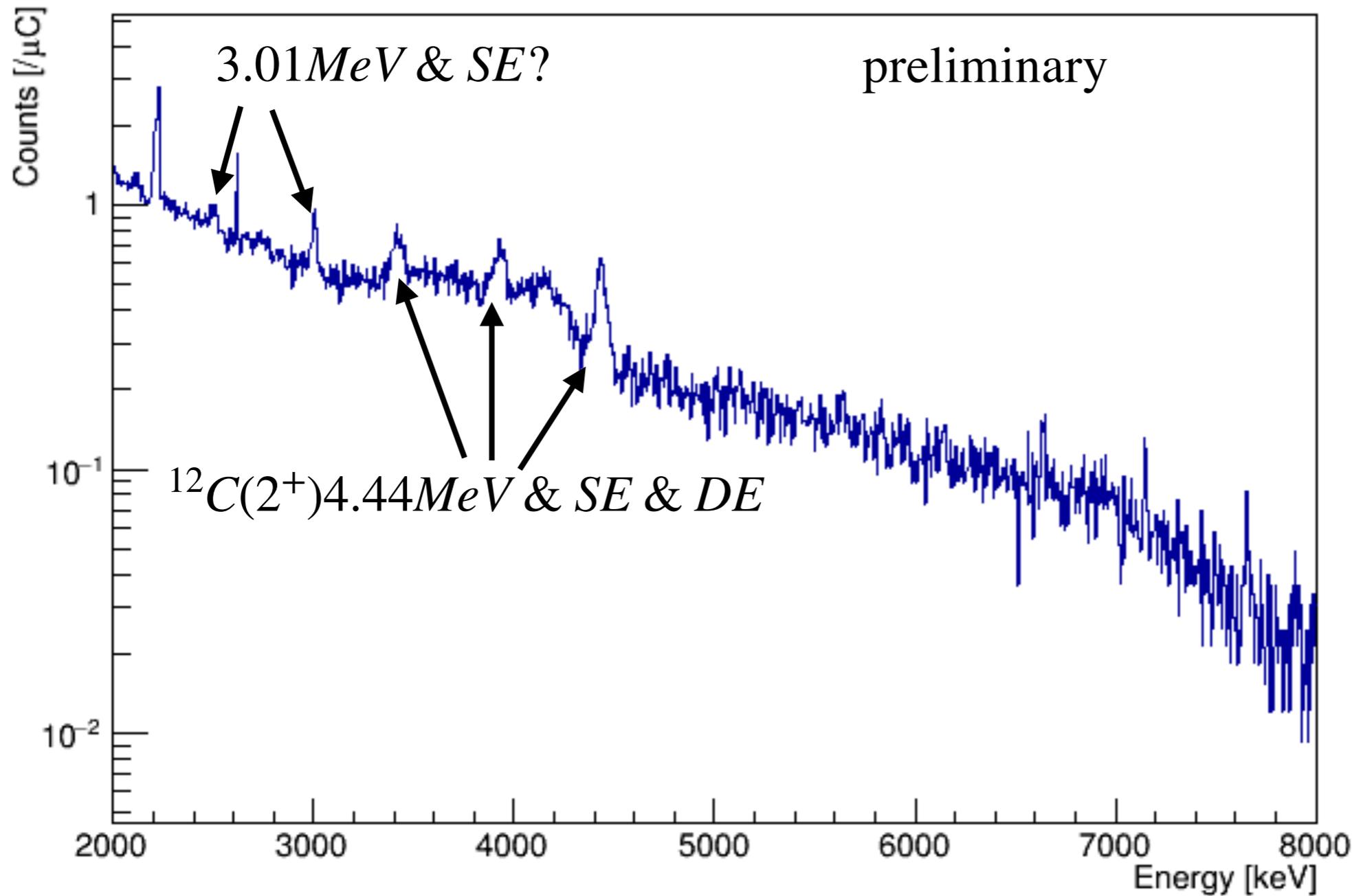
実験：シミュレーションでおこらない $^{16}\text{O}(n, n')^{16}\text{O}^*$ が支配的

手法のクロスチェックのために

- ・断面積が酸素よりも比較的よく知られている
- ・アクティブ標的である

液体シンチレータ (C_8H_{10}) を標的とした炭素ランを行った

30 MeV実験：炭素ラン



2.2 MeV
水素 中性子捕獲

2.61 MeV
 ^{208}Tl による背景

7.63 MeV
鉄 中性子捕獲

HPGe エネルギー分布図

3 MeV付近に新たなピークを観測 (およそ3.01 MeV)

- 現在のNCQEシミュレーションはT2K実験の実データを再現しない
- 不定性削減のため2次ガンマ線に焦点を当てた実験を行なった
- 理論では20 MeV以上の中性子が酸素原子と反応を起こす時、
核子を直接弾き出す反応が支配的である
- 今回行なった実験では $^{16}\text{O}(n,n')^{16}\text{O}^*$ が支配的であった
- TOFカットをかけた断面積計算を今後行う
- 250 MeVの解析も行う

Backup