

BNCTにおけるα粒子生成量が最大となる照射方法の考察

埼玉県立川越女子高等学校 2年 貫輪美博 立教女学院高等学校 3年 宮澤亜紀

1.はじめに

ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)は「第5のがん治療法」とも呼ばれる新たながん治療法である。しかし、未だ発展途上であり、さまざまな課題が存在する。本研究では BNCTの治療効果を高めるため、α粒子の生成量が最大となる中性子のエネルギーを探索することを目的とする。

2.原理

BNCTとは

ホウ素
薬剤投与

腫瘍に
中性子照射

核反応が
起こる

腫瘍細胞を
殺傷

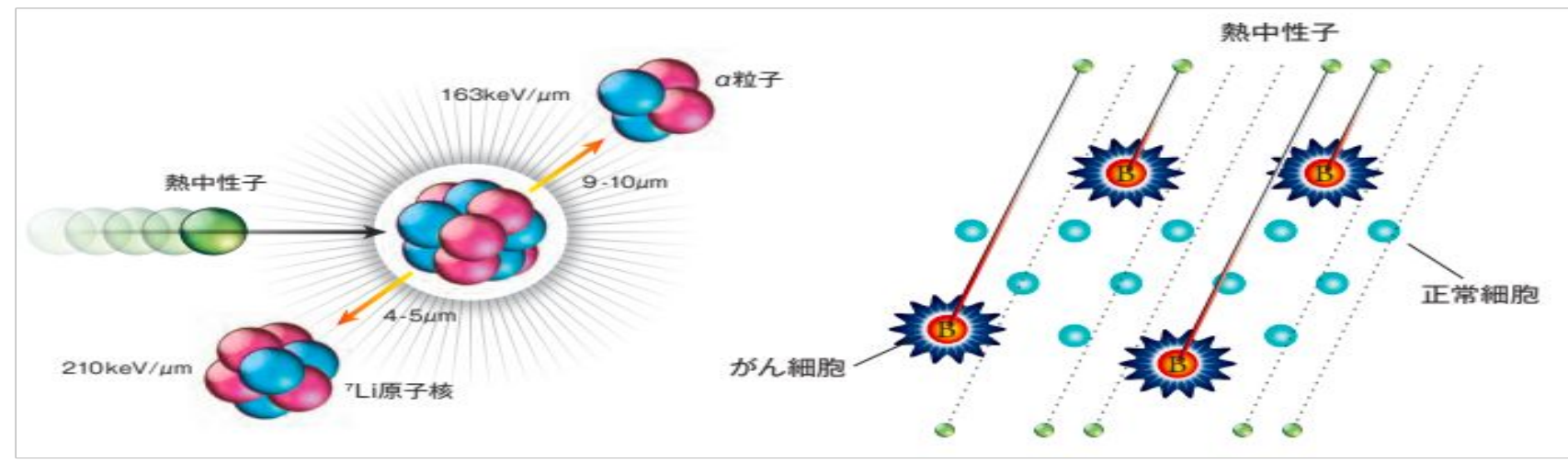


図1:ホウ素中性子捕捉療法の仕組み[1]

利点

- ◆ 正常細胞を傷つけずに腫瘍細胞のみを殺傷できる
- ◆ 再発がんにも有効である
- ◆ 1～2回の治療で完結する
- ◆ 正常細胞への影響を抑えられる
- ◆ 従来の治療法では完治が難しいがんにも有効

→ **患者のQOL向上**

3.研究方法

a.解析方法

Geant4

粒子の物質中の様子をシミュレーションするソフトで、生じた物質、そのエネルギーの値などが実験データとして得られる

Google colabatory

Google社の提供するプログラム実行環境である

解析方法1

google colabatory でブロック内における線量分布を作成した

解析方法2

Geant4で得られた実験データからα粒子とリチウム粒子の生成数を調べた

b.シミュレーション方法

- 図2のように、周辺組織として水ブロック(一辺200mm)ホウ素が集積した腫瘍細胞としてホウ素ブロック(一辺200mm)を深度40mmに配置した
- ホウ素は同位体である ^{10}B を定義した
- エネルギーを $10^3\sim 10^6\text{ eV}$ まで変化させた
- 照射する中性子の数は10000発ずつとした

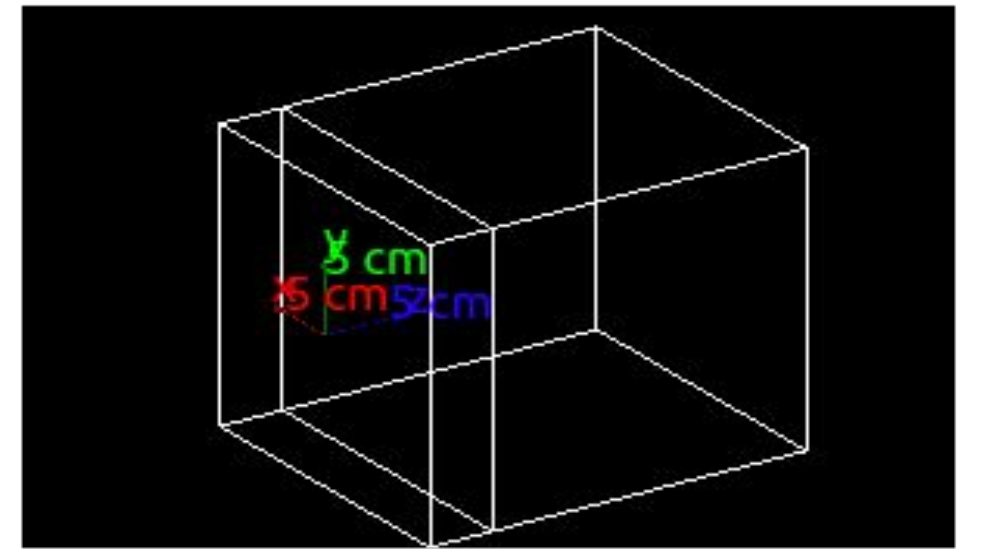


図2: 設定したブロックの様子

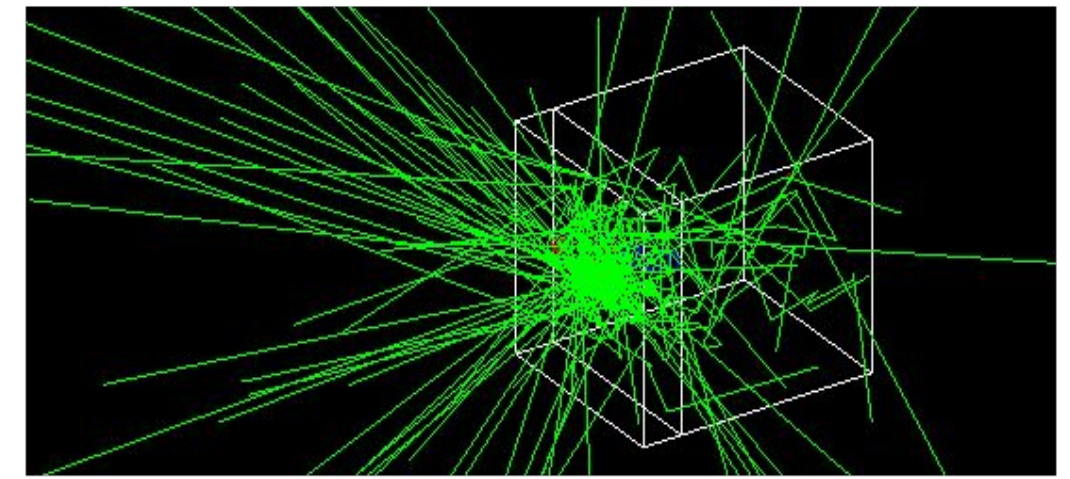


図3: ブロックに中性子を打った様子

4.解析結果

解析結果1

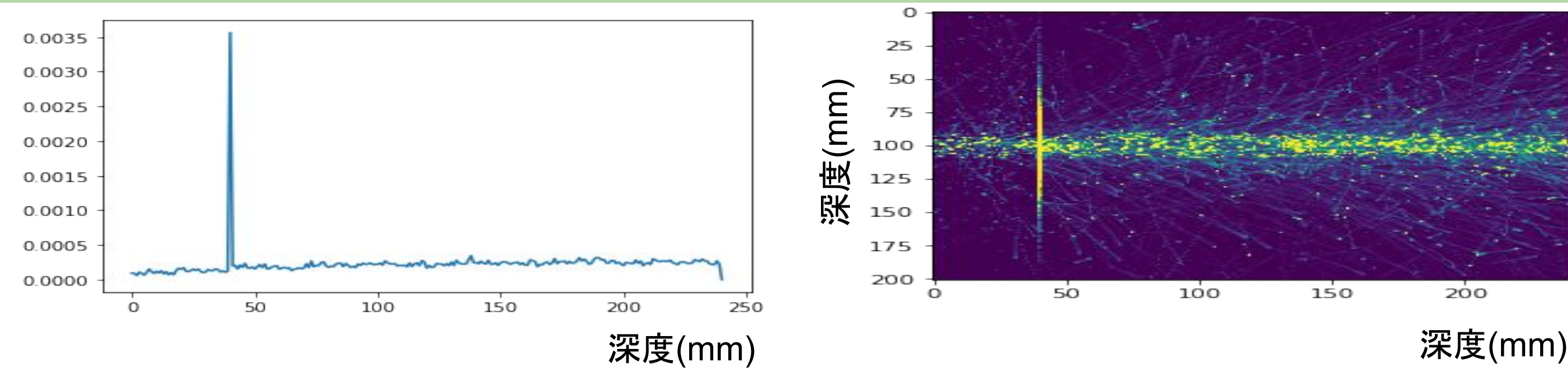


図4:0.025 eVにおける線量分布

解析結果2

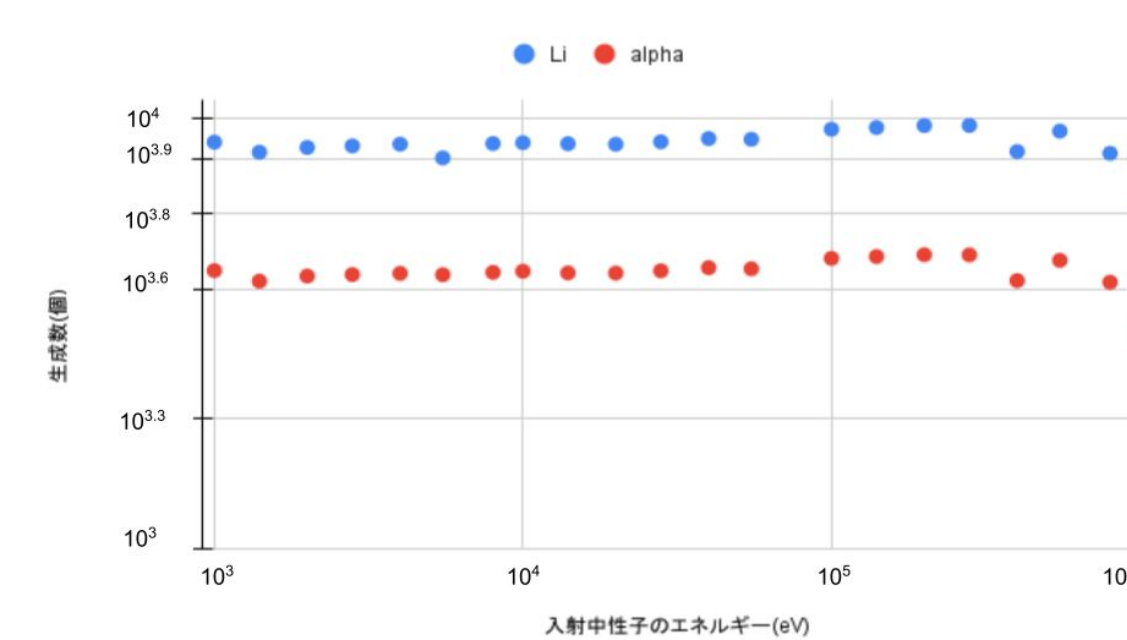


図5:α粒子・リチウム粒子の生成量

5.考察

- 図5は先行研究の図6と同様の傾向が見られた →今回使用したGeant4のプログラムは実際と矛盾がない。
- 図4において深度40mm(ホウ素ブロックの位置)にピークが見られた →ホウ素と核反応を起こし、α粒子やリチウム粒子が生成されている
- 解析2で得られたグラフ(図5) →α粒子の生成量のみ考慮した場合の**最適なエネルギーは分からない**

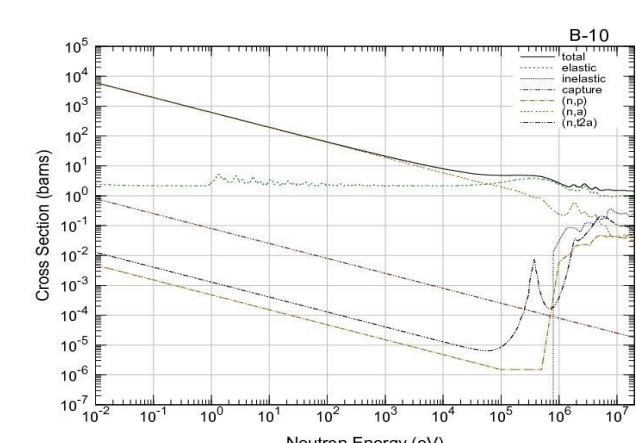


図6:B¹⁰核反応断面積[2] [3] [4]

6.展望

- 粒子ごとの線量分布を作成する →α粒子の生成量以外の線量を考慮することで、より現実に即した考察を行う
- BNCTと強度変調放射線治療(IMRT)を組み合わせたシミュレーションを行う[5] →がんを選択的に治療できるBNCTと、放射線に強弱をつけることで腫瘍に線量を集中させるIMRTを組み合わせることで患者に優しい治療を目指す
- 加速器を使用した実験 →A Beamline for Schoolsという取り組み

7.参考文献

[1] BNCT研究会「日本の叡智が拓くがん治療の新たな地平」
[2] K. Shibata, O. Iwamoto, T. Nakagawa, N. Iwamoto, A. Ichihara, S. Kunieda, S. Chiba, K. Furutaka, N. Otuka, T. Ohsawa, T. Murata, H. Matsunobu, A. Zukeran, S. Kamada, and J. Katakura: "JENDL-4.0: A New Library for Nuclear Science and Engineering," *J. Nucl. Sci. Technol.* **48**(1), 1-30 (2011).
[3] O. Iwamoto, T. Nakagawa, N. Otuka, and S. Chiba: "Covariance Evaluation for Actinide Nuclear Data in JENDL-4," Proc. the 2010 International Conference on Nuclear Data for Science and Technology (ND2010), *J. Korean Phys. Soc.*, **59**(2), 1224-1229 (2011).
[4] S. Chiba, K. Okumura, K. Sugino, Y. Nagaya, K. Yokoyama, T. Kugo, M. Ishikawa and S. Okajima: "JENDL-4.0 Benchmarking for Fission Reactor Applications," *J. Nucl. Sci. Technol.*, **48**(2), 172-187 (2011).
[5] 国立研究開発法人 国立国際医療研究センター 病院「強度変調放射線治療(IMRT)」
[6] 東北大学放射線科学センター 矢野文男「放射線のおはなし ホウ素中性子捕捉療法」
[7] BNCT(ホウ素中性子捕捉療法)実用化推進と拠点形成に向けた検討会議「BNCT(ホウ素中性子捕捉療法)実用化推進と拠点形成に向けて」,平成 26年 12月

8.謝辞

本研究を行うにあたり、ご指導いただいた早稲田大学 田中香津生研究院准教授、電気通信大学 高梨美佳さんに心より感謝申し上げます。

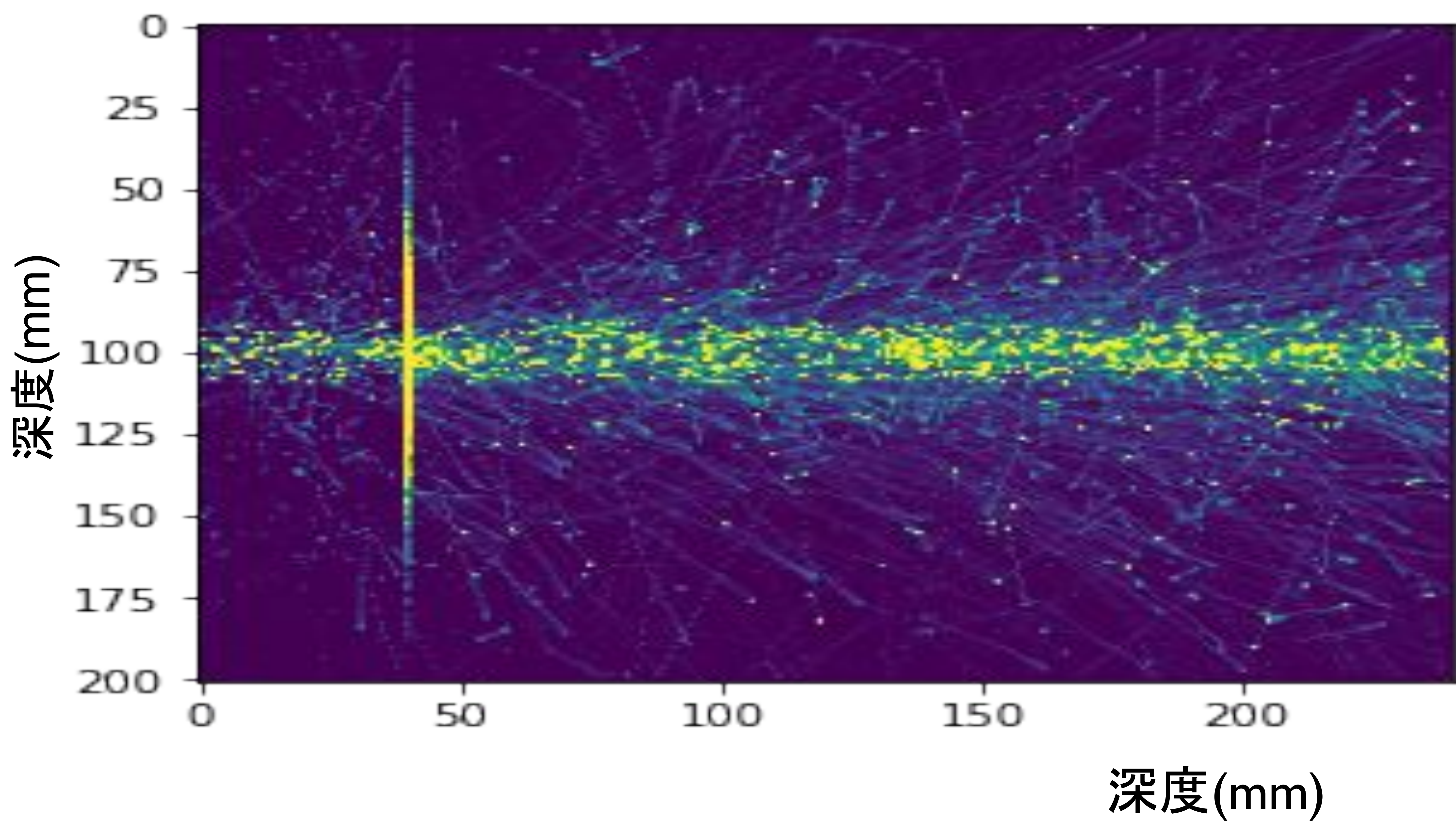
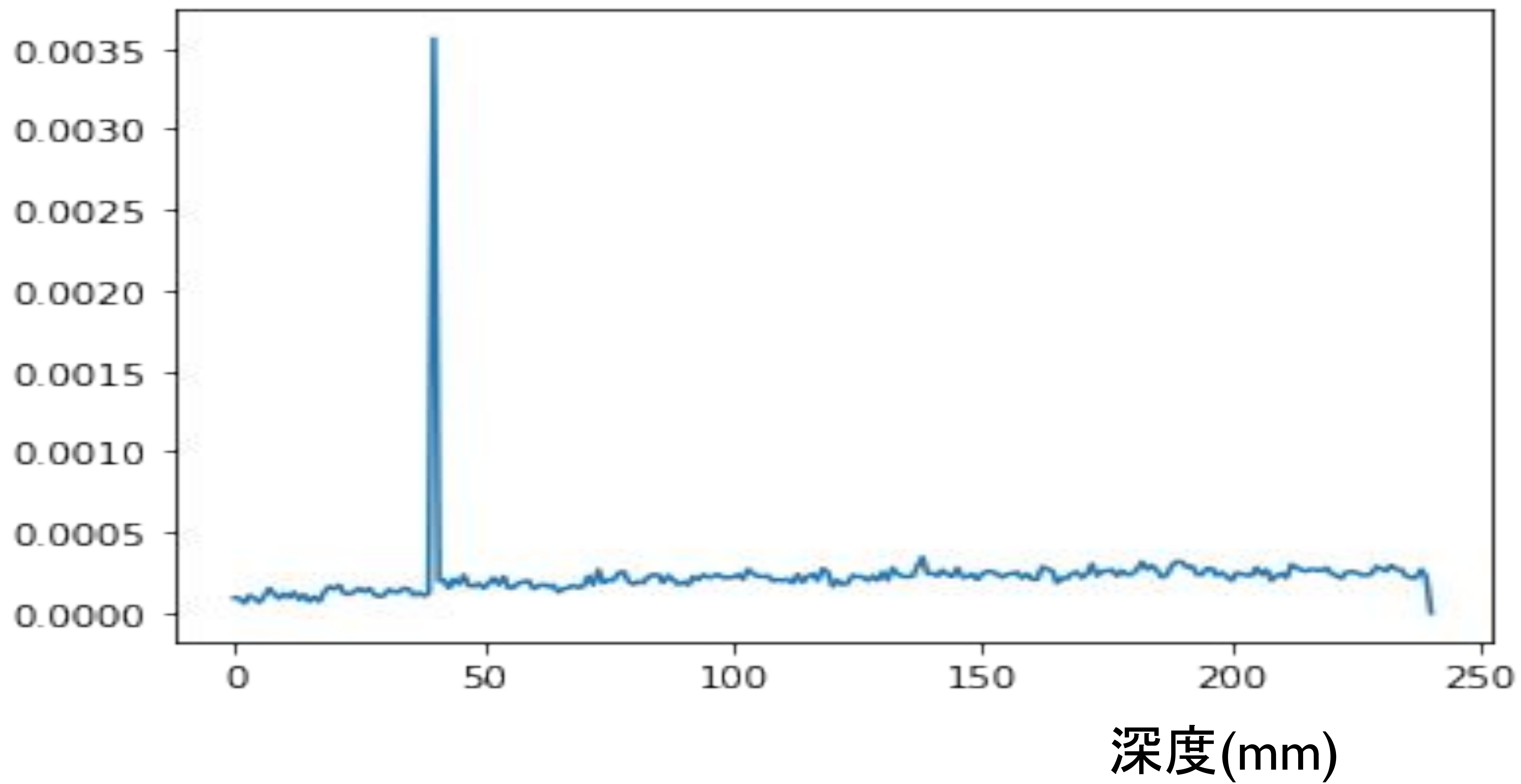


図4:0.025 eVにおける線量分布

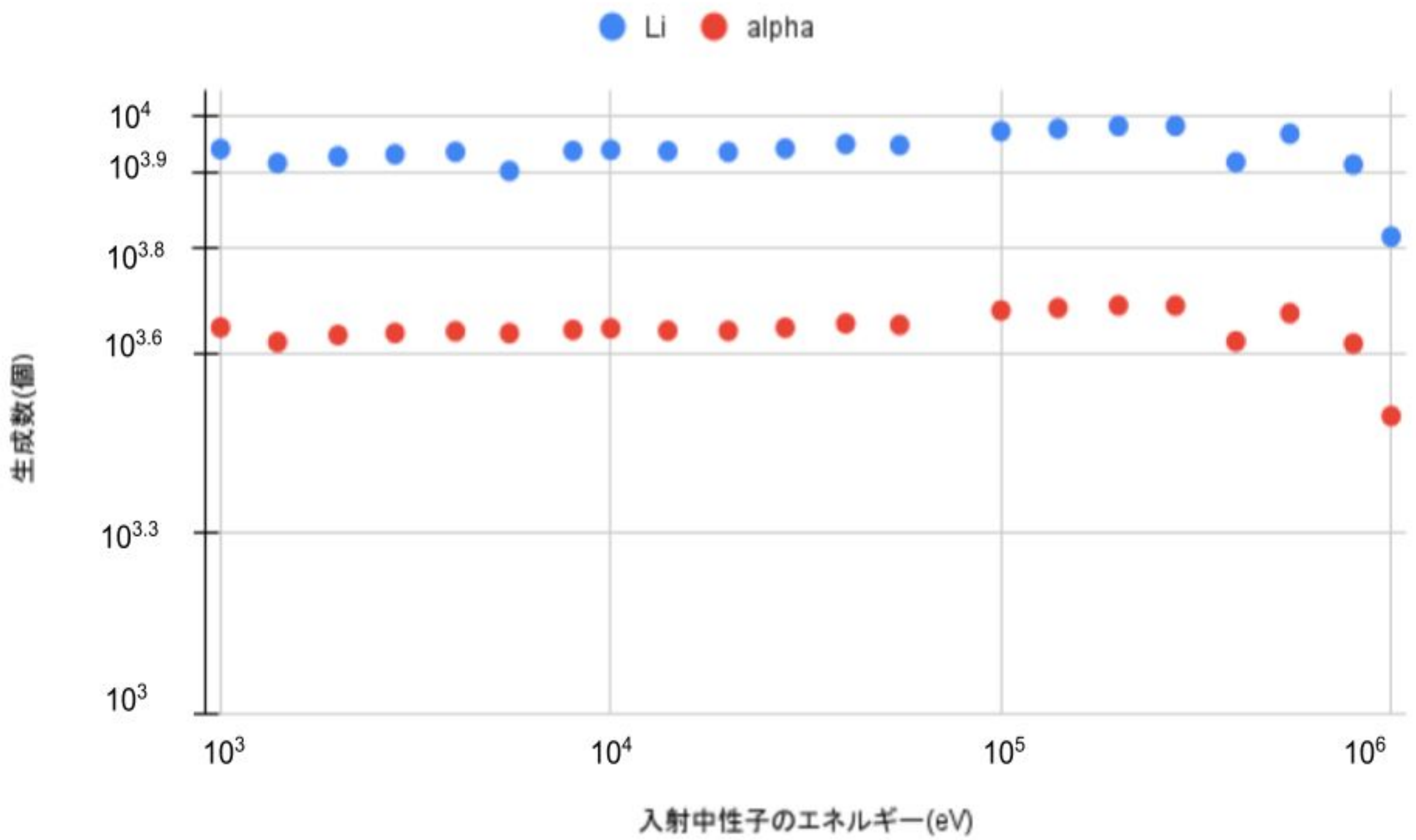


図5:α粒子・リチウム粒子の生成量

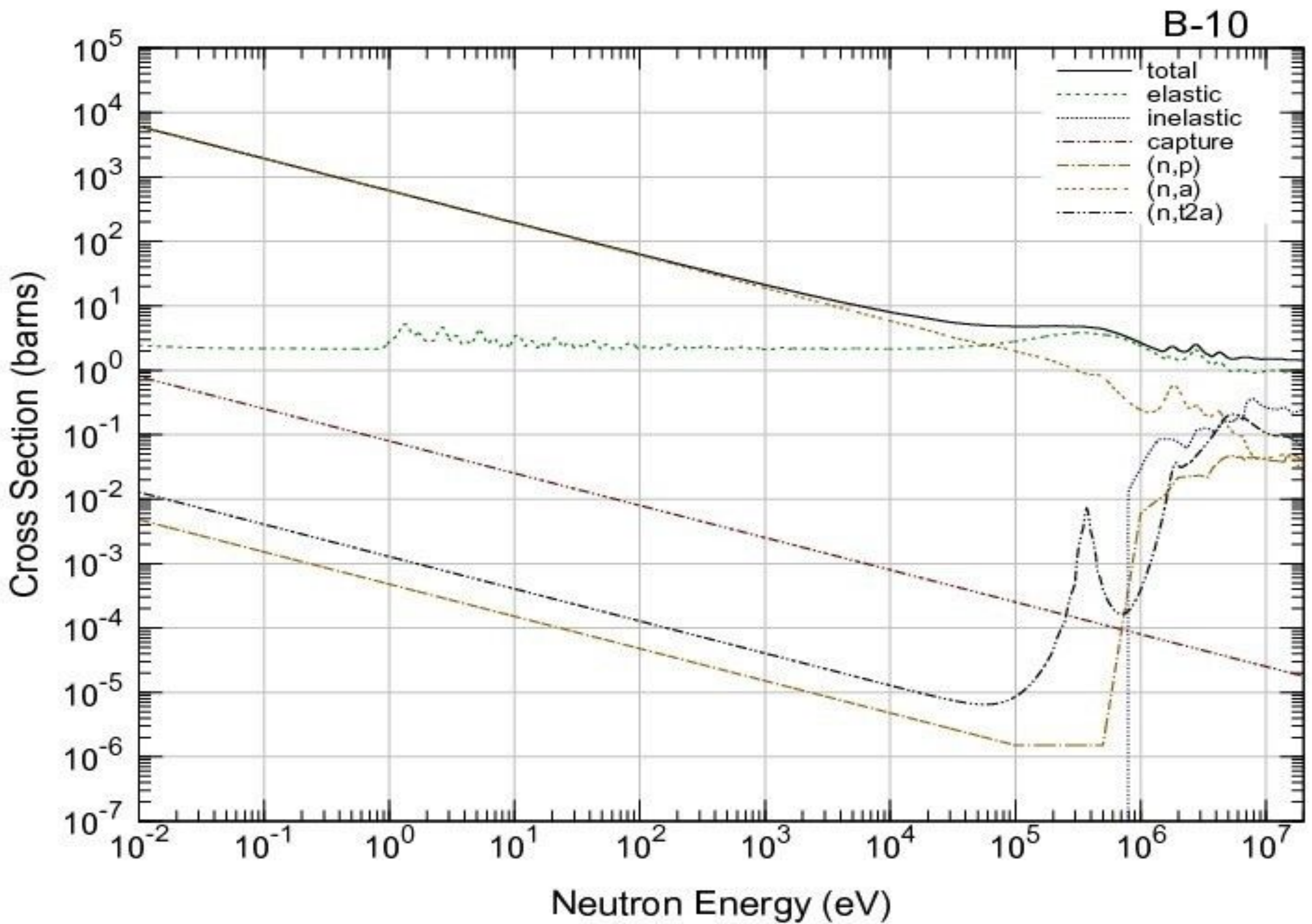


図6:B¹⁰核反応断面積[2] [3] [4]

展望

- **粒子ごとの線量分布を作成する**

→ α 粒子の生成量以外の線量を考慮することで、より現実に即した考察を行う

- **BNCTと強度変調放射線治療(IMRT)を組み合わせたシミュレーションを行う[5]**

→がんを選択的に治療できるBNCTと、放射線に強弱をつけることで腫瘍に線量を集中させるIMRTを組み合わせて患者に優しい治療を目指す

- **加速器を使用した実験**

→A Beamline for Schoolsという取り組み