

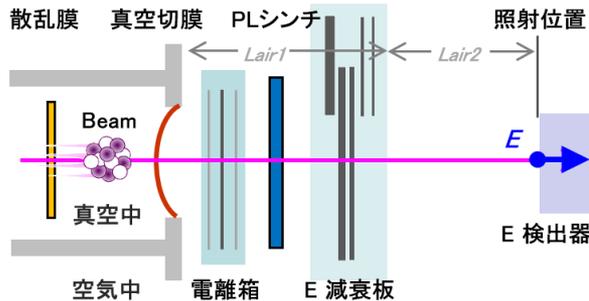
重イオンビーム・空气中照射の核反応生成物混入 ～ Phits シミュレーション編(解説) ～

20.07/10 理研・産業チーム・あ吉田

- Phitsシミュレーションの目的
- Phits計算 モデル体系
- 核反応の場所、ビームエネルギー依存性
- Phits計算(例)
Edeg厚さ vs 核反応生成物の E, LET分布の変化
- cf.) パラパラ漫画の作り方

高エネルギー重イオンビームを空气中に取出して照射する場合、
 ビームが通過する物質中で原子核反応が起こり、
核反応生成物(ビーム混入物)も一緒に飛んできます。

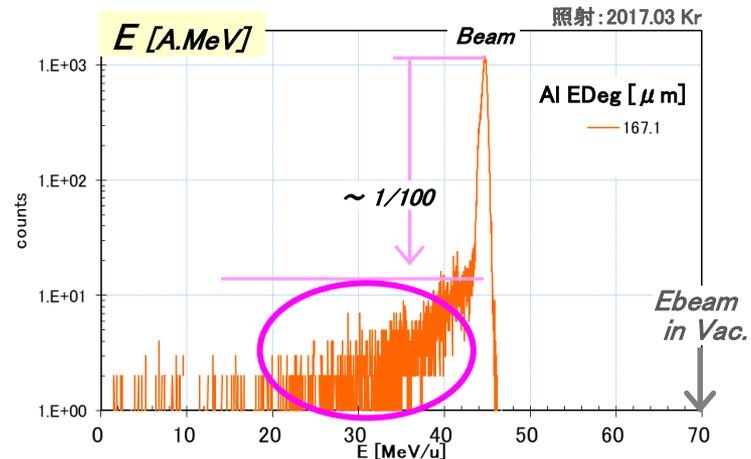
● 実測例：84Kr 70 A.MeV のエネルギースペクトル



照射：2017.03 Kr

| 通過物 | 材質 | 厚さ | |
|-----------|----------|-------|----|
| 散乱膜 | Au | 48.8 | μm |
| 真空切膜 | Kapton | 75.0 | μm |
| 電離箱 電極 | Al | 14.0 | μm |
| 電離箱 膜 | Al-Mylar | ~25.6 | μm |
| PLシンチ | EJ212 | 100.0 | μm |
| シンチ 遮光 | Al-Mylar | ~48.0 | μm |
| E 減衰板 | Al | 167.1 | μm |
| E 検出器 | Si | 2000 | μm |
| 空気層 Lair1 | 19.5 °C | 145 | mm |
| 空気層 Lair2 | 1004 hPa | 165 | mm |

照射位置に Si半導体Energy検出器(SSD)を置いて測定した。



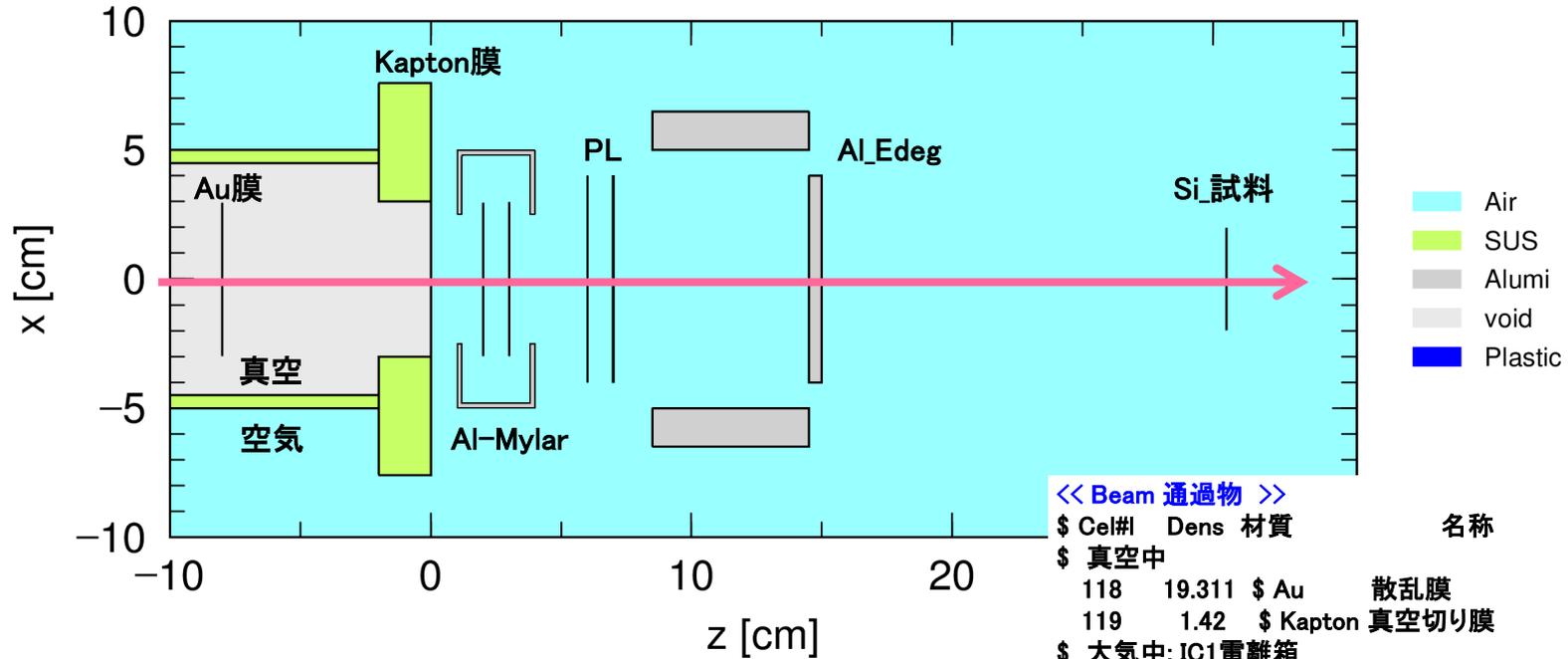
核反応生成物が見えている

核反応生成物が、どこで発生し、
 それが照射位置まで到達した時の
 E, LET 分布を「おおまかに知る」ために、
 Phitsコード(*)でシミュレーションをしています。

(*) JAEA Phitsコード: <https://phits.jaea.go.jp/>



no. = 1, y = 0.0000E+00



<< Beam 通過物 >>

| \$ Cel# | Dens | 材質 | 名称 |
|-------------------------|--------|-----------|-------------|
| \$ 真空中 | | | |
| 118 | 19.311 | \$ Au | 散乱膜 |
| 119 | 1.42 | \$ Kapton | 真空切り膜 |
| \$ 大気中: IC1電離箱 | | | |
| 125 | 2.702 | \$ Al | 膜 |
| 126 | 1.397 | \$ Mylar | 膜 |
| \$ 大気中: PL | | | |
| 130 | 1.023 | \$ PL | EJ-212シンチ |
| 131 | 1.397 | \$ Mylar | Al-Mylar遮光膜 |
| \$ 大気中: Al-Edeg | | | |
| 135 | 2.702 | \$ AL | Edeg |
| \$ 大気中: Si 試料 3層構造にしてある | | | |
| 140 | 2.321 | \$ Si | ΔE1 |
| 141 | 2.321 | \$ Si | ΔE2 |
| 142 | 2.321 | \$ Si | ΔE3 |

散乱膜: Au 45.8um
 真空膜: Kapton 78um
 IC1: Al 14um Mylar 24um
 PL: EJ212 100um
 Edeg: Al 10~950um
 Air1: 14.5cm Air2:16.0cm
 照射: Si 20um Beam: 1E+7個

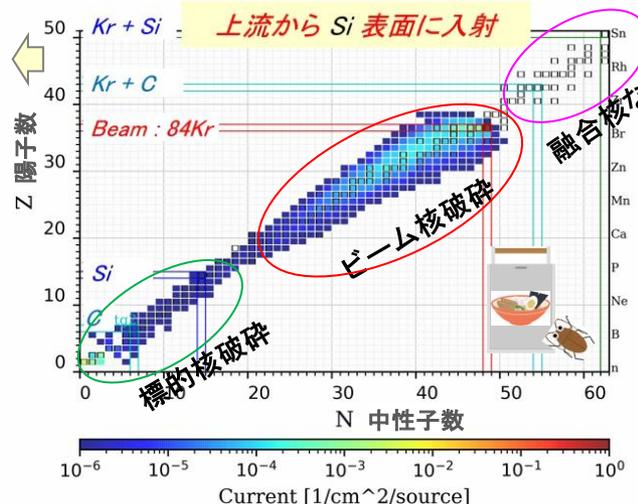
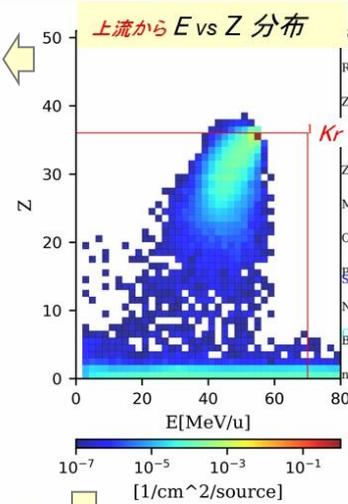
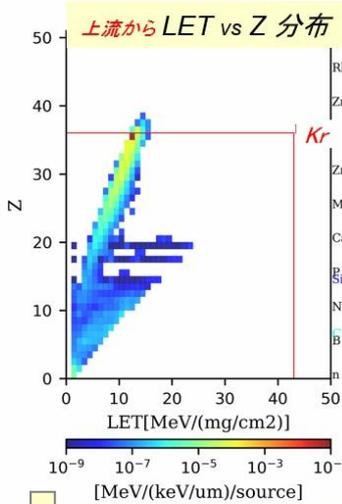
Beam : 84Kr 70A.MeV

照射試料: Si 20 μ m

Si 20um にしてある理由:
厚くするとLET分布が広がるので。

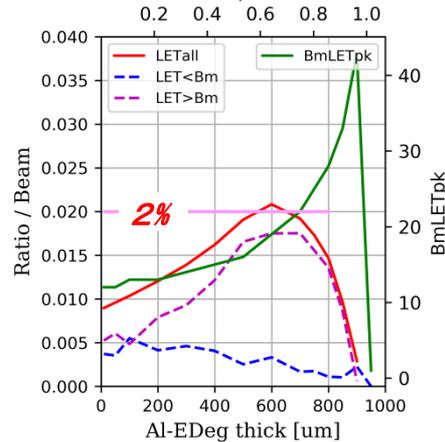
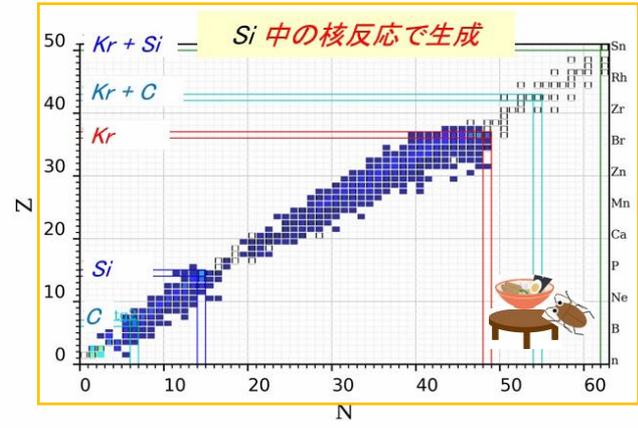
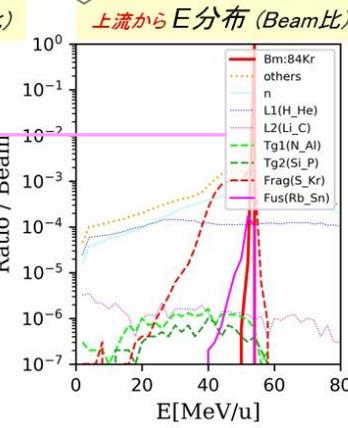
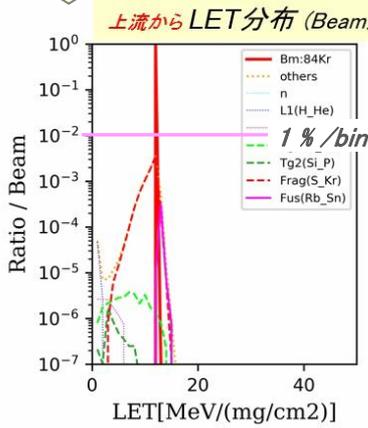
Edeg: 010 μ m

↓ グラフをクリック: パラパラ漫画スタート



● Edegが厚くなると…
ビームEが下がり、
ビーム核破砕が減少
融合核などが増加

● 上流からの不純物割合
Krビームの場合、
Range~60%付近で最大

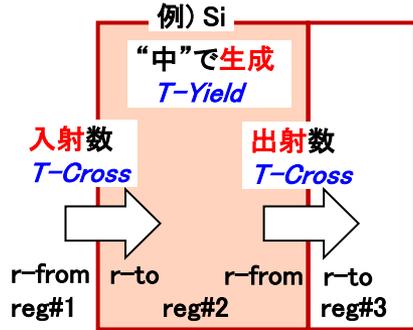


不純物核種 / Krビーム ≲ 2%



Phits計算

注目Region



T-Yield_chart.dat
T-Cross 01~xx .dat
T-LET 01~yy .dat

- *T-Cross* は、axis = eng でエネルギー分布も計算
- *T-LET* は、axis = let, unit = Dose で計算
全核種(A,Z)ではなく、全 Z で十分。

Pythonで集計

- 1) *T-Yield, Cross, LET* x (全核種) x (注目Region) のデータベース作成
- 2) 入射数、生成数 の計算
- 3) Reg# 毎にプロット → .ppt で出力

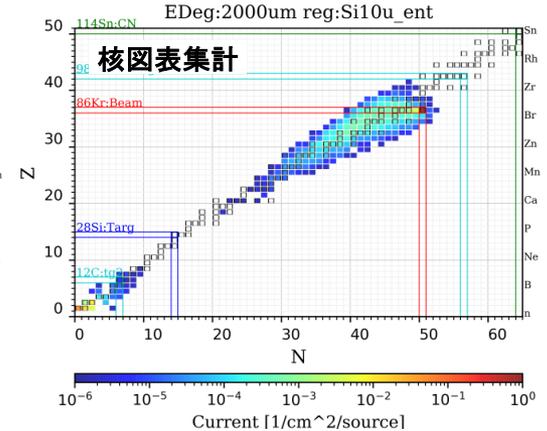
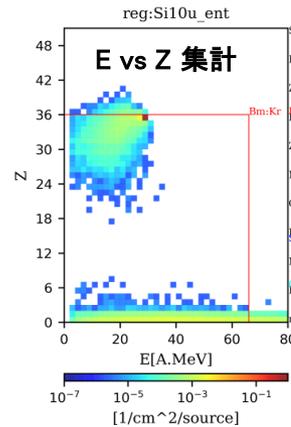
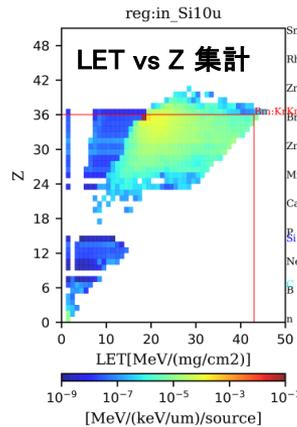
→ Beam 核種毎に計算する →



- “上流から”飛来 = 入射
- “中”で「止まった」or「生成された」 = 入射 + 生成 - 出射
- *T-Yield* は、1回で良い (Nucl. Chart出力可)
- *T-Cross* は、「全核種」について必要

Kr (70 A.MeV) + Si だと、
1H, 2H, ~, Sn まで約 350 核種

T-Yield で生成される核種を全て選別
注) Phits3.10 タリ一数制限 200個まで



Reg #xx.ppt

パワポで動画化

記録：ビデオにエクスポート .mp4