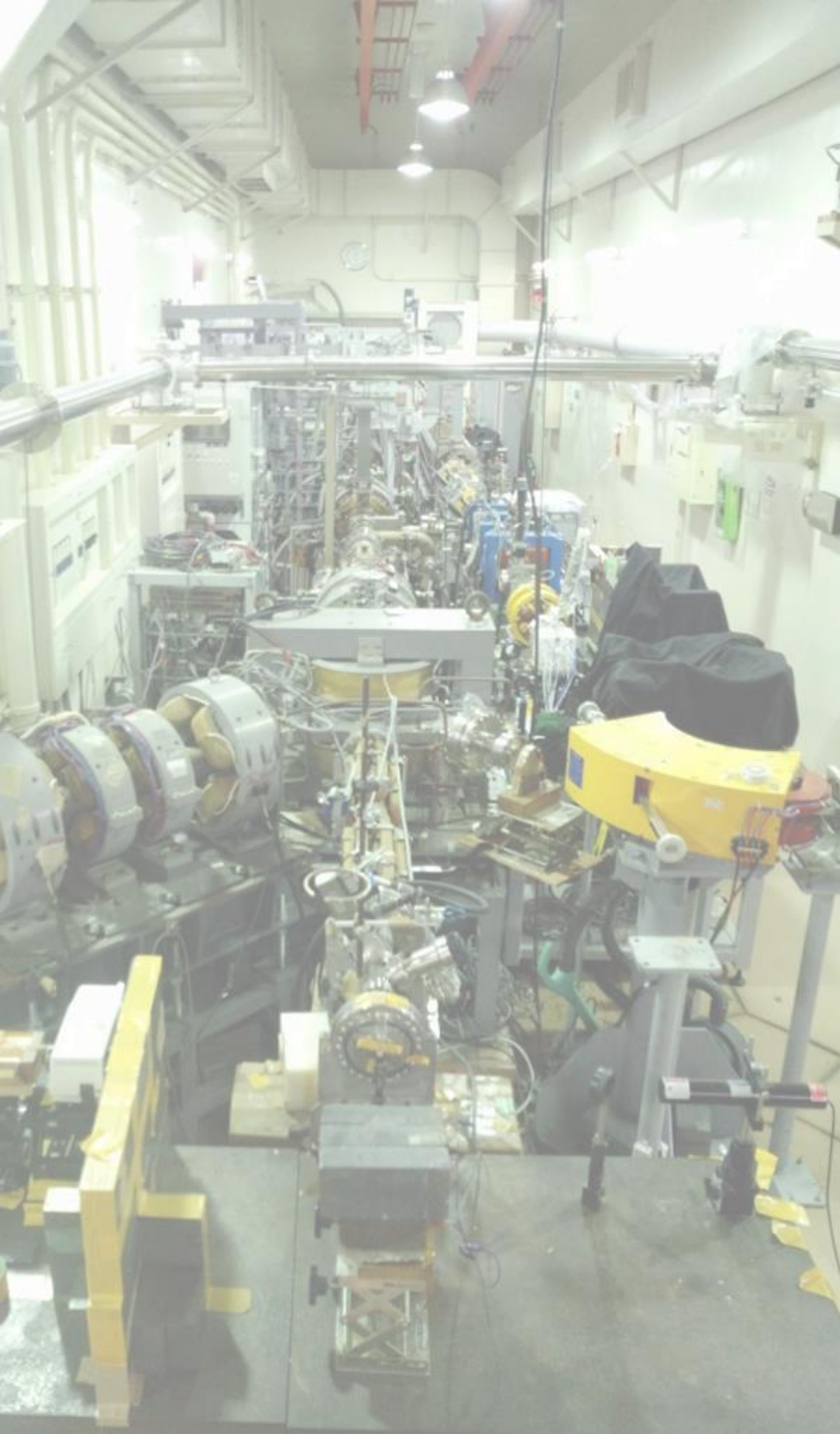




大学加速器連携協議会

# 東大（東海）の加速器における 教育研究活動

2025年8月6日（水）

東京大学工学系研究科  
原子力専攻

ライナック管理部長/准教授 坂上 和之

## 東京大学には原子力関連専攻として、 **原子力専攻（専門職）** と **原子力国際専攻** がある

- ・ 東海村に拠点
  - ・ 原子力高級人材育成
  - ・ 学生は主として企業から
  - ・ 学生は研究活動をしなない
- ・ 本郷、東海に拠点
  - ・ 一般の大学院生が所属
  - ・ 東海の加速器も使って研究



## 工学系研究科原子力専攻

- 原子力専攻の施設群  
    ブランケット／HIT
- ライナックの概要
- ライナックにおける研究教育活動
- ライナックの課題と今後

## 工学系研究科原子力専攻

- 原子力専攻の施設群  
    ブランケット／HIT
- ライナックの概要
- ライナックにおける研究教育活動
- ライナックの課題と今後

## 核融合炉ブランケット 設計基礎実験装置 (BLANKET)

Fシリーズ

2024年度：6件

2025年度：6件

## ライナック施設 (LINAC)

Lシリーズ

2024年度：9件

2025年度：9件

研究会開催

(Yシリーズ)

2024年度：3件

## 重照射施設 (HIT)

Hシリーズ

2024年度：11件

2025年度：12件

## 原子炉施設 (YAYOI)

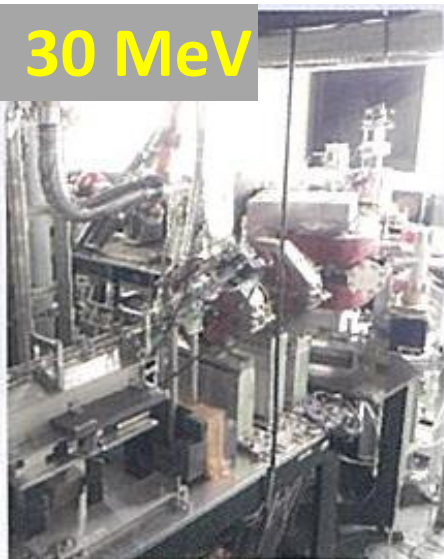
現在廃炉措置中

共同利用の状況



- 設置された管理区域にて各種研究を展開
- xバンド（8～12GHz）小型加速器開発

30 MeV



6 MeV



3.95 MeV



0.95 MeV



橋梁・インフラ検査



コンプトン散乱小型x線源➡廃止

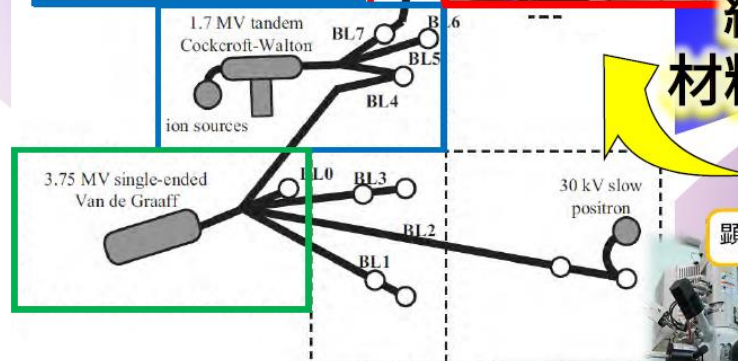
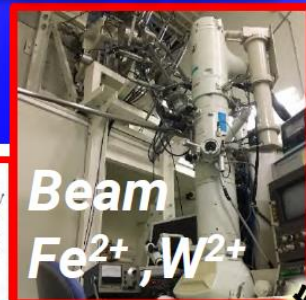
ピンポイントx線がん治療装置

## High Fluence Irradiation Facility, The University of Tokyo

### イオン照射

タンデトロン

加速器連結型TEM



総合的な  
材料照射研究

ビームライン 照射チャンバー, 分析機器

|       |                 |
|-------|-----------------|
| BL0   | ダストビーム          |
| BL1   | パルスイオンビーム       |
| BL2   | 陽電子その場観察        |
| BL3   | PIXE            |
| BL4&5 | 二重照射 ★1         |
| BL6   | イオン注入           |
| BL7   | 高温イオン照射その場観察 ★2 |

★1 プロトタイプ照射設備  
★2 高温, 高エネルギー, 重イオンビーム照射

原子炉・核融合炉  
周辺材料の照射  
効果・損傷など

材料研究を展開

### 材料評価

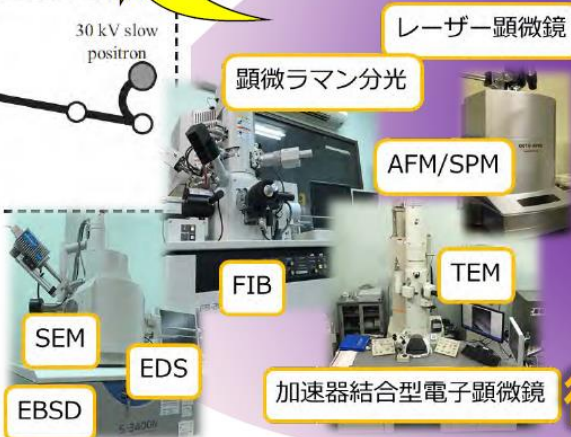
クリープ試験

高温機械試験

A-EDC試験

ナノ硬度

材料強度試験

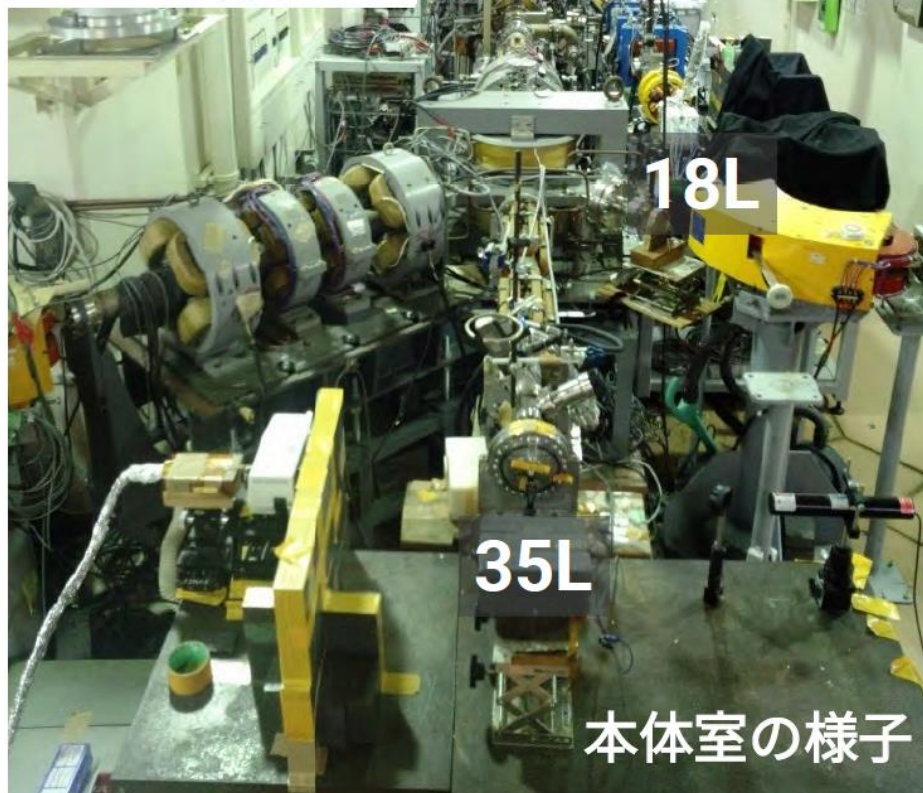


微細組織観察

## 工学系研究科原子力専攻

- 原子力専攻の施設群  
    ブランケット／HIT
- ライナックの概要
- ライナックにおける研究教育活動
- ライナックの課題と今後

# 電子線形加速器施設 (LINAC)



## ■ 1974年

- 建設開始

## ■ 1978年

- 原型完成: 世界初のピコ秒シングルパルス電子線形加速器
- 35 MeV 電子ビームにより原子炉で中性子発生
- 原子炉パルス運転, 中性子飛行時間測定 (TOF)

35L

## ■ 1988年

- ツインライナックシステム (2台の加速管の並列同時運転) への改良
- 自由電子レーザー (FEL) 発振実験

## ■ 1994年

- フェムト秒高速量子現象研究設備の設置とライナックとの同期運転
- 光電子銃 (RF電子銃) の開発

18L

# LINACの性能（2つのビームライン）

| 運転モード        |         | パルス幅               | エネルギー               | 出力            | 繰り返し数         |
|--------------|---------|--------------------|---------------------|---------------|---------------|
| 35L          | 長パルス    | 1 $\mu$ s          | 25 MeV              | 200 mA        | 10 pps        |
|              | 短パルス    | 2 ns               | 28 or <u>35 MeV</u> | 1 nC          | <u>10 pps</u> |
|              |         | <u>10 ns</u>       |                     | <b>10 nC</b>  |               |
|              | シングルパルス | 10 ps              | 28 or 35 MeV        | 500 pC        | 10 pps        |
| 18L（シングルパルス） |         | <b><u>7 ps</u></b> | <u>18 MeV</u>       | <u>100 pC</u> | <u>14 pps</u> |

高電界での放電を回避できる高周波 (RF) 電場での加速

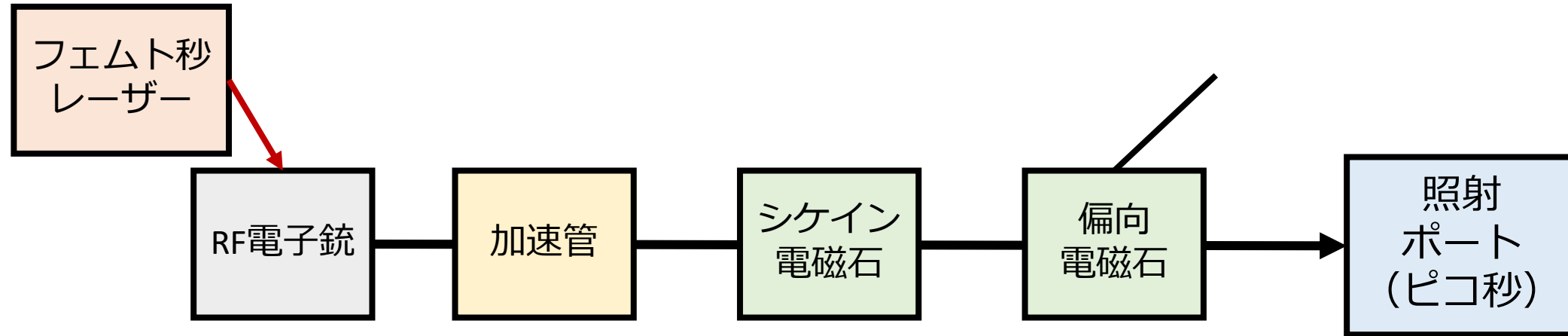
35L : **熱電子銃** . . . 熱電子（ランダムに発生） : **高線量**

18L : **フォトカソードRF電子銃** . . . 光電子（入射レーザー光で制御）

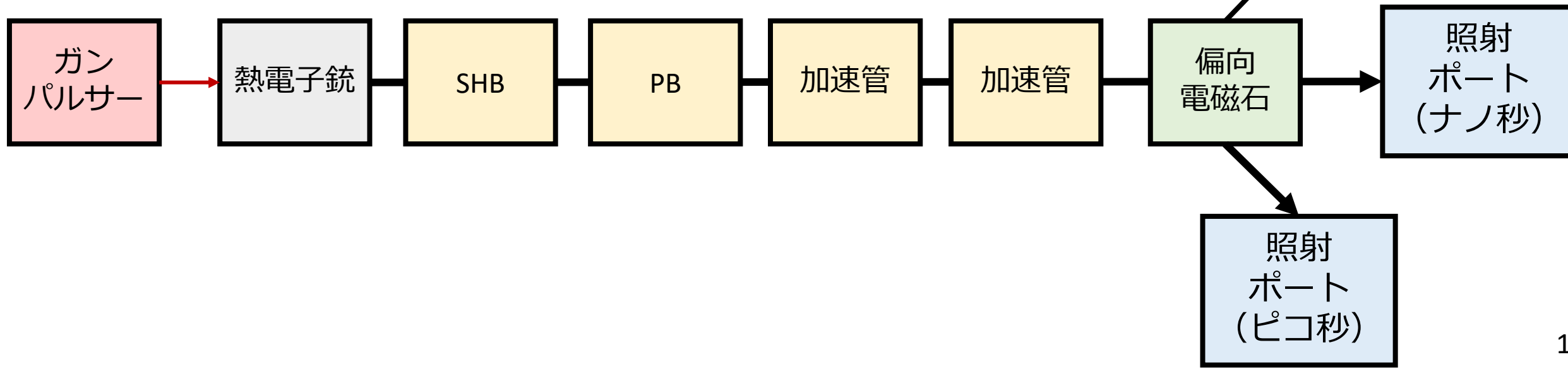
最短 7 ps の短パルス化による高速現象の観測（時間分解測定） : **高速**

# ビームラインの概略

## 18Lライナック



## 35Lライナック



## 工学系研究科原子力専攻

- 原子力専攻の施設群  
    ブランケット／HIT
- ライナックの概要
- ライナックにおける研究教育活動
- ライナックの課題と今後

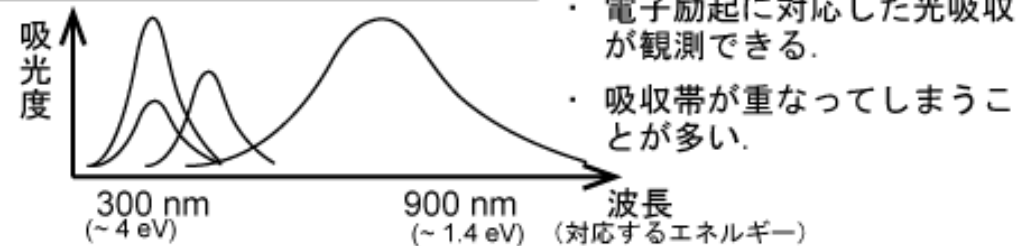
ライナックで実施している研究  
2台の特色あるライナック  
- 高線量・高速（高時間分解）  
を活かした  
放射線照射反応の時間分解測定

- ・ 生体照射影響
- ・ 原子炉材料照射  
（原子炉水科学）
- ・ 発光材料開発
- ・ 超伝導体への照射 など

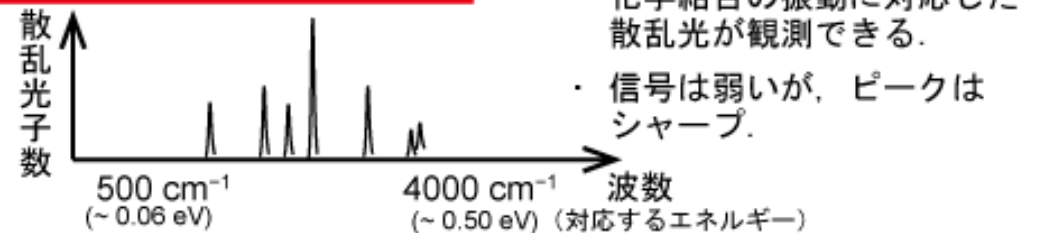
放射線：定量性に優れた瞬間的な活性種（ラジカル）発生法

＋  
時間分解測定

従来の吸収分光法で得られる情報



ラマン分光法で得られる情報



- ↓
- ・ 放射線誘起現象の速い素過程を知る新たなツール
  - ・ 放射線誘起現象以外でも登場するラジカル（開殻系）の電子状態や反応性などの予測精度向上

燃焼・爆発

電気化学

大気化学

放射線治療

半導体製造

原子力

# 教育：加速器等を用いた実習

東海キャンパスでは、大規模装置を用いた教育活動を実施（年2度）  
原子力専攻（専門職）「原子炉実習」

システム創成学科・原子力国際専攻  
「原子炉・ビーム実習」

集中講義「原子炉・ビーム実習」～概要～

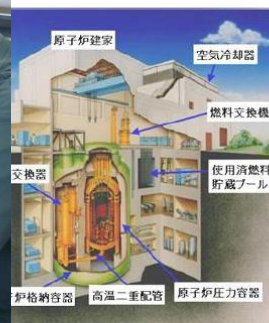
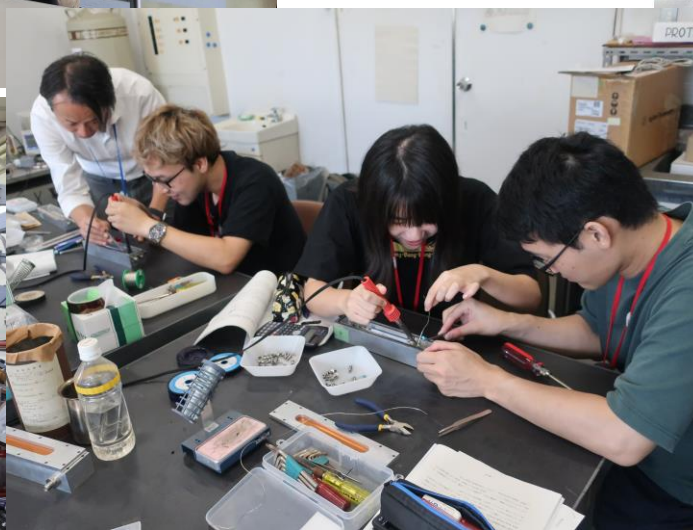
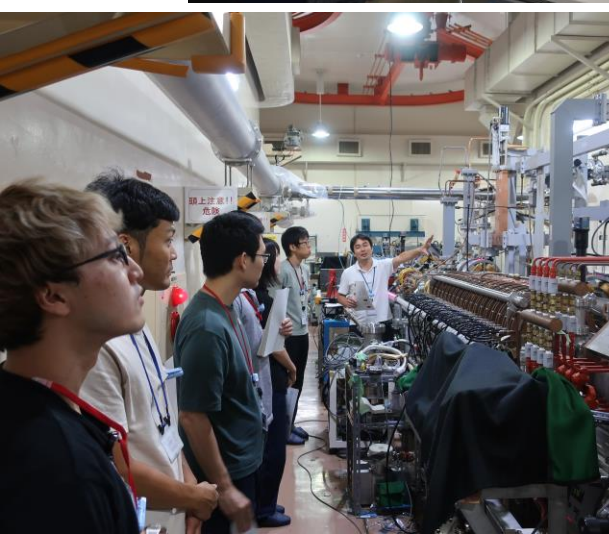


比例計数管作製

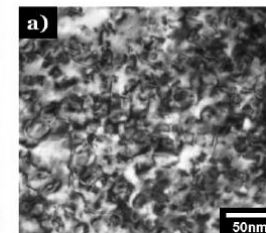
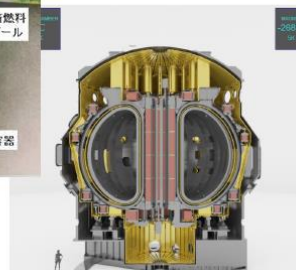


東大在職時の上坂先生↑  
(現、内閣府原子力委員長)

ピコ秒電子ビームパルスによる高速現象観察



JAEA見学  
QST見学



イオンビームが  
原子力材料に与える損傷

## 加速器施設と加速器開発

加速器施設 = 先端科学を支える基盤

➡ 安定な技術基盤提供

野心的な研究を展開 J-PARC

新しい技術の  
技術レベルを

『加速器』  
に引き上げる

大学

KEKB (SuperKEKB)

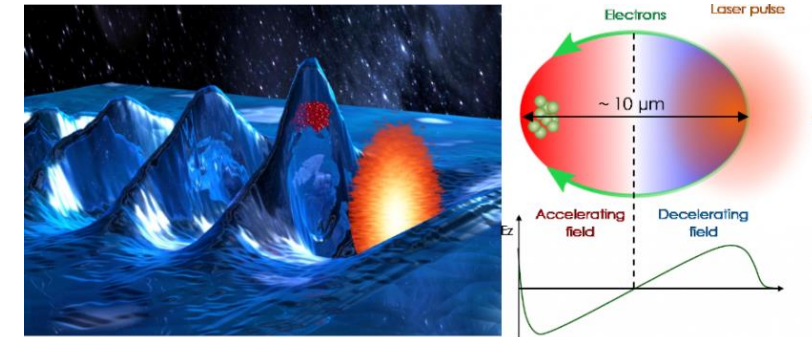


Nano Terasu



## LWFA (レーザー航跡場加速)

1979年に提唱され、1990年代に原理検証、  
2004年に準単色ビーム生成を実証

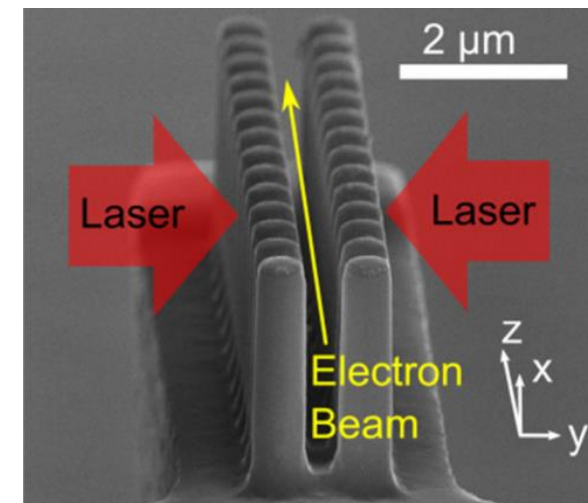


加速勾配：  
**250 GV/m**

従来技術の  
3桁向上

PRL 122(2019)08481  
APL 103(2013)243501

## DLA (レーザー誘電体加速)



加速勾配：  
**133 MV/m**

従来技術の  
数倍～10倍程度

高輝度ビーム生成

OL 43(2018)2181  
OL 44(2019)1523

粒子加速  
に用いる  
波の周波数  
を上げる



加速器の  
小型化

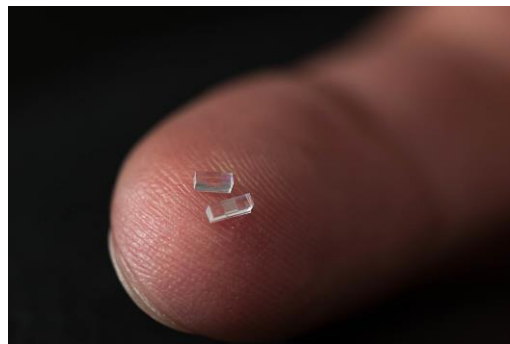
Sバンド(2.856 GHz)  
のディスク1枚



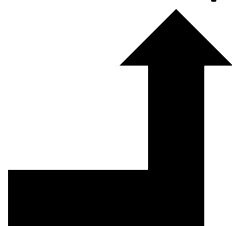
Cバンド(5.712 GHz)  
のディスク1枚



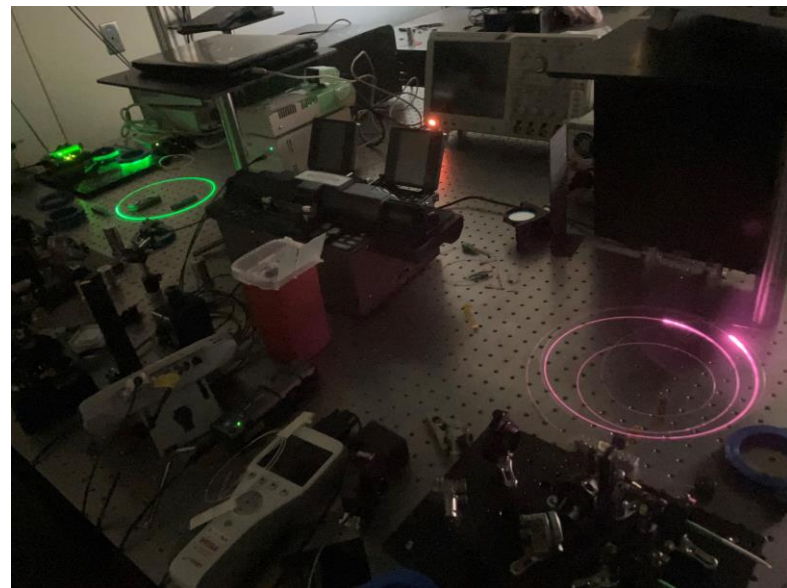
Xバンド(11.424 GHz)  
のディスク1枚



On-chip加速器



さらに周波  
数の高い  
レーザー光  
を直接用い  
た加速へ



## 工学系研究科原子力専攻

- 原子力専攻の施設群  
    ブランケット／HIT
- ライナックの概要
- ライナックにおける研究教育活動
- ライナックの課題と今後

## ライナック施設の課題と今後

### ◆ 装置の経年化

- 特に35L（高線量）に故障などが多い ➡代替品やサポートは終了

### ◆ 技術継承

- 技術スタッフの退職 ➡引継ぎも難しい。装置固有の対処が多数。

### ◆ 共同利用の新たな柱

- 従来の延長線上では、大規模装置の更新は難しい

➡放射線過渡現象解析は大きな強み。

他の大型施設とも競合しない、**東京大学の強みを生かす**

- ・ 放射線科学連携研究機構との協創
- ・ 原子力専攻将来計画（ポスト弥生）との連携