

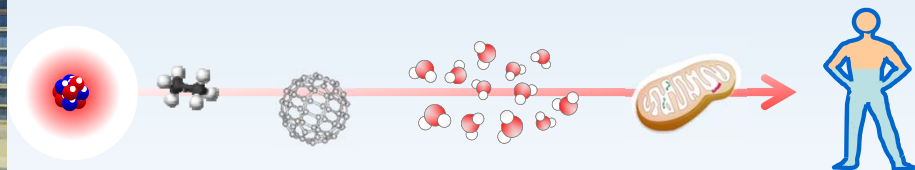
分属説明会 工学部・物理工学科

原子核工学コース

“量子ビーム”の可能性を解き放つ！

イオン加速器の応用と 量子ビーム科学

(間嶋)



加速器

CERN

全長27 km

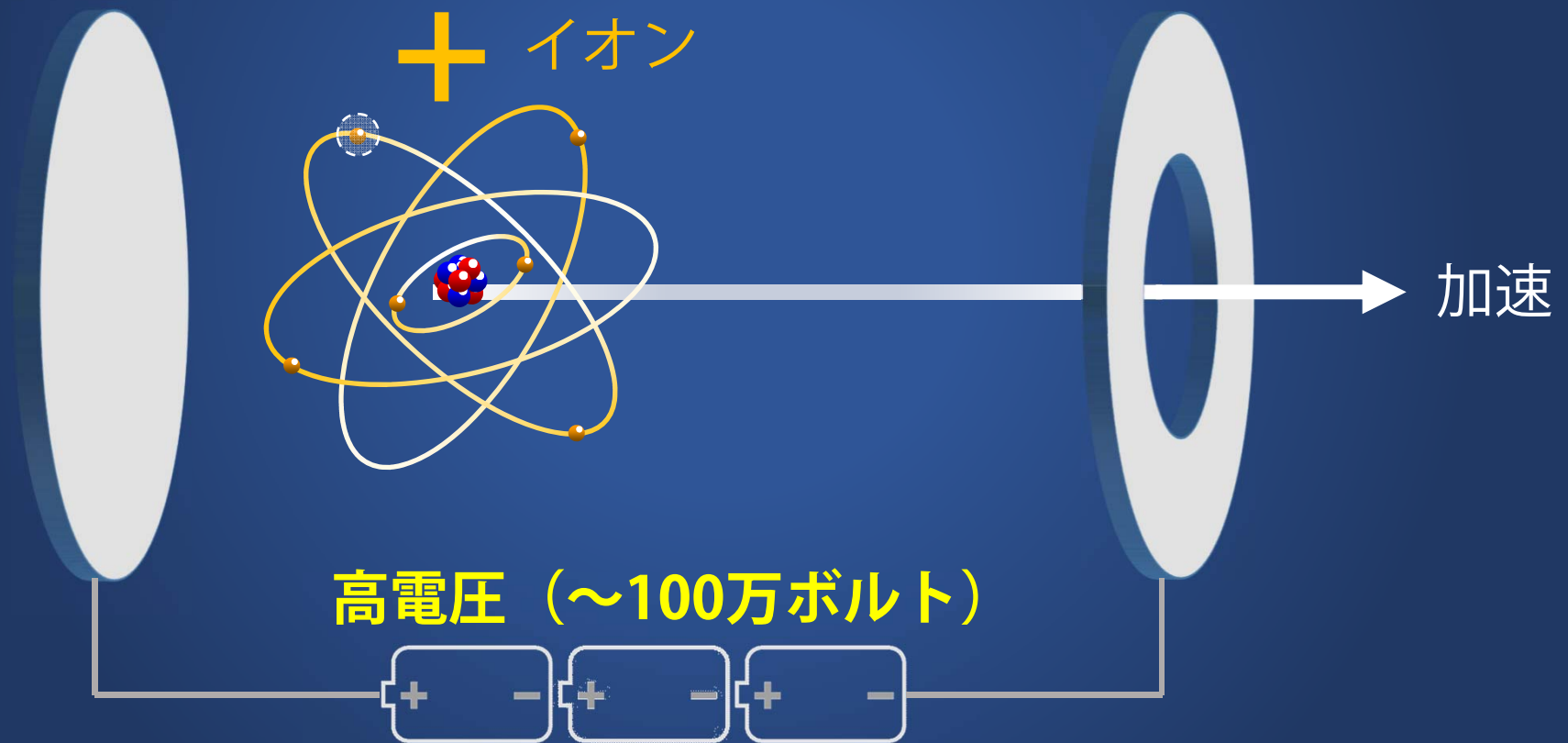


http://www.usatlas.bnl.gov/programoffice/work_at_cern.php

分属説明会「イオン加速器の応用と量子ビーム科学」(2016.11.22)

2/25

静電型（最も簡単な原理）



加速器

←荷電粒子を加速する機械

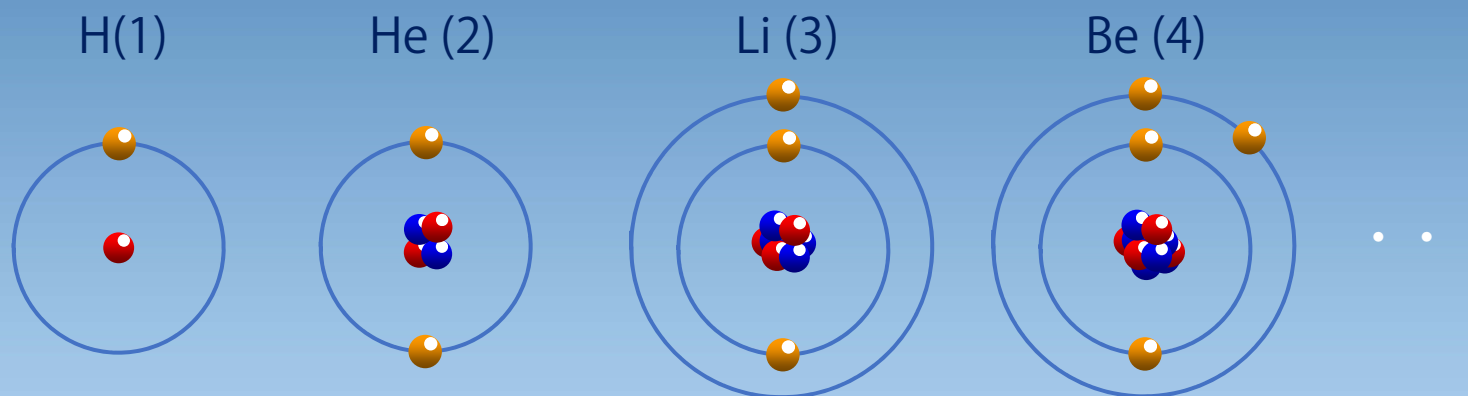
- 1930年代から開発
- タイプ
 - 静電型
 - 高周波型（線形，円形）
- 原子核，素粒子の基礎研究のために発展



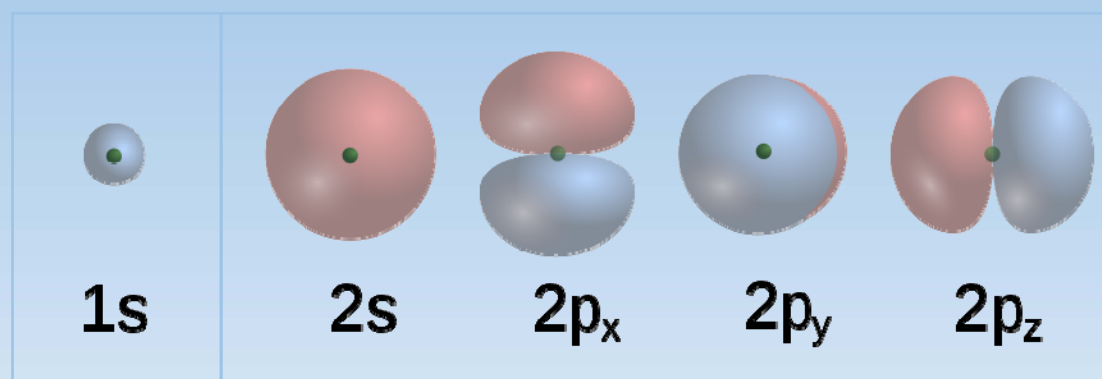
→ 他の様々な科学・応用分野に展開

“量子ビーム”

原子レベルのミクロな 世界を記述 → 「量子力学」



水素原子内の 電子の波動関数



Wikipedia

量子力学 (Quantum physics)

原子レベルのミクロな世界の法則

(⇔ それ以前の物理：古典力学)

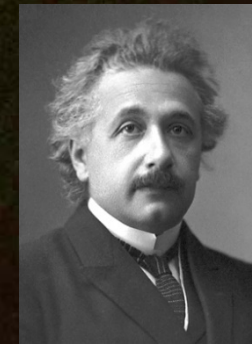
- 確率的な現象の記述，不確定性．

マクロな世界の直観と相いれない

- ボーア vs. アインシュタイン
「神はサイコロを振らない」
- “シュレディンガーの猫”



ボーア



アインシュタイン

- 観測問題，パラドックス

量子情報，量子コンピュータ

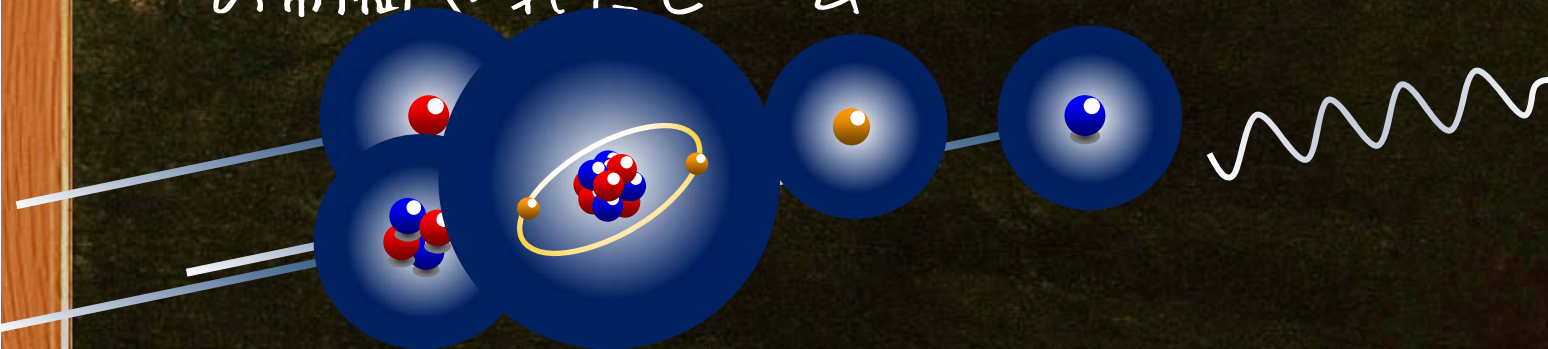


原子核工学専攻
量子物理学研究室
宮寺先生

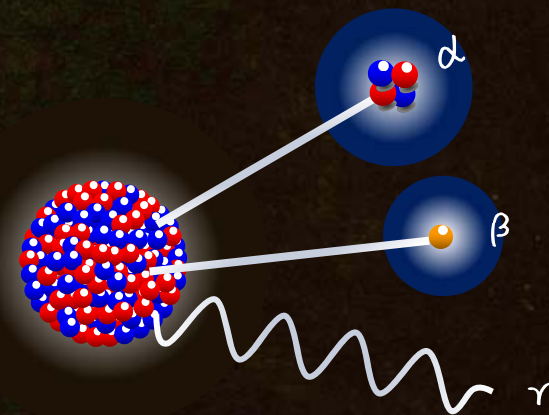
“量子ビーム”

ニュートリノ
中間子
陽電子

- ・ イオン，電子，光子（X線， γ 線），中性子等の制御されたビーム



- ・ 主に**加速器**でつくられる
- ・ 「人工の放射線」とも言える

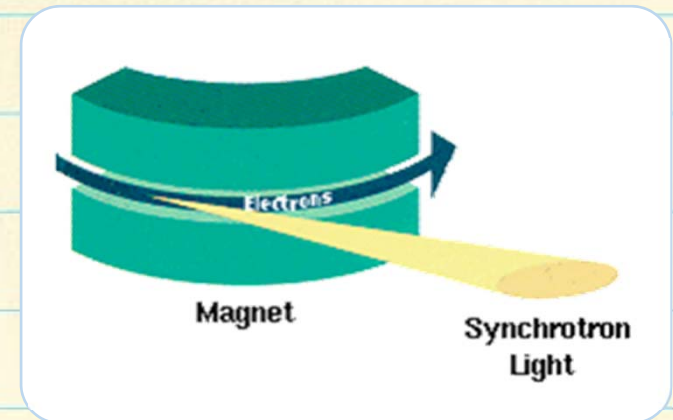


量子ビームの発生

- ・ イオン, 電子ビーム

⇒ 加速器で生成

- ・ X線 ⇒ シンクロトロン放射



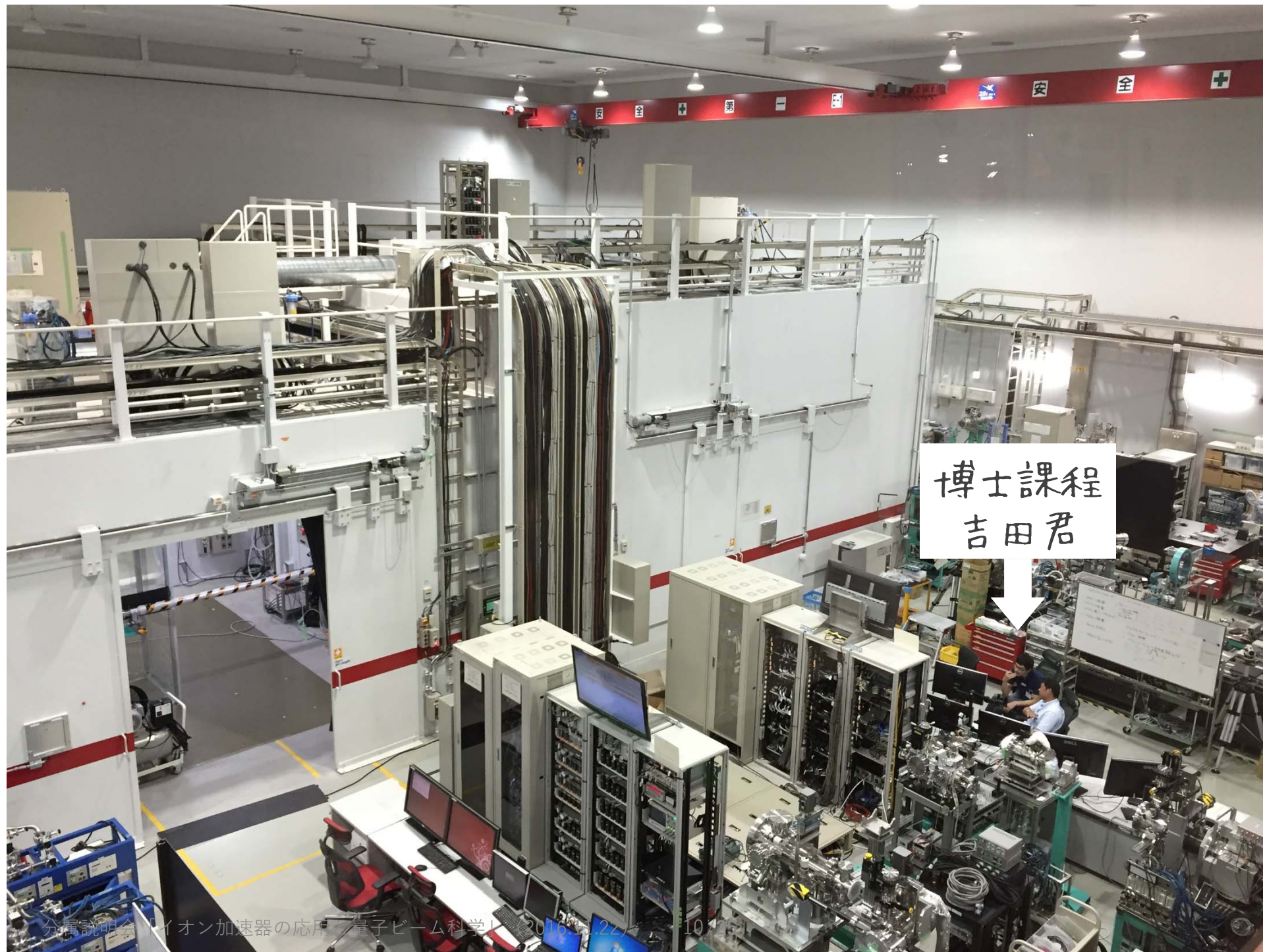


X線自由電子レーザー (XFEL)



放射光 (X線)





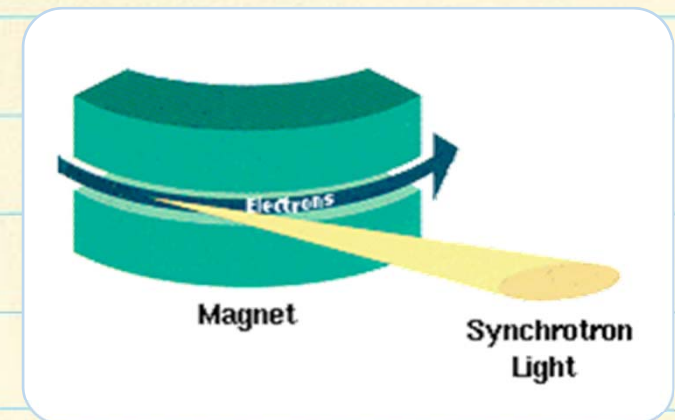
博士課程
吉田君

量子ビームの発生

- ・ イオン, 電子ビーム

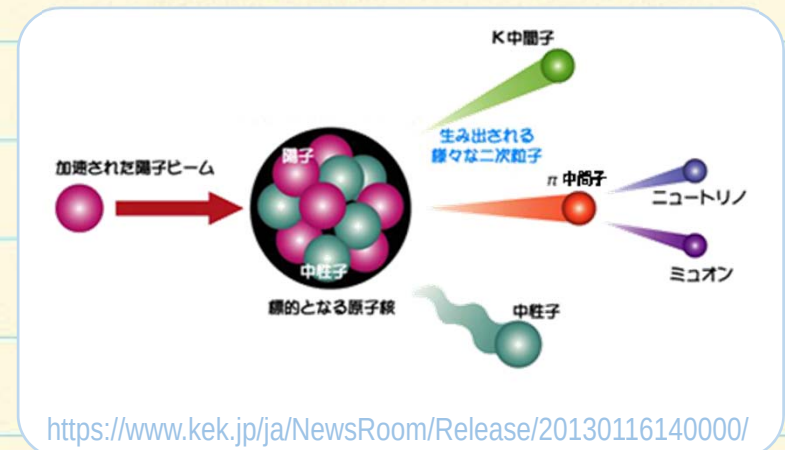
⇒ 加速器で生成

- ・ X線 ⇒ シンクロトロン放射



- ・ 中性子, 中間子など

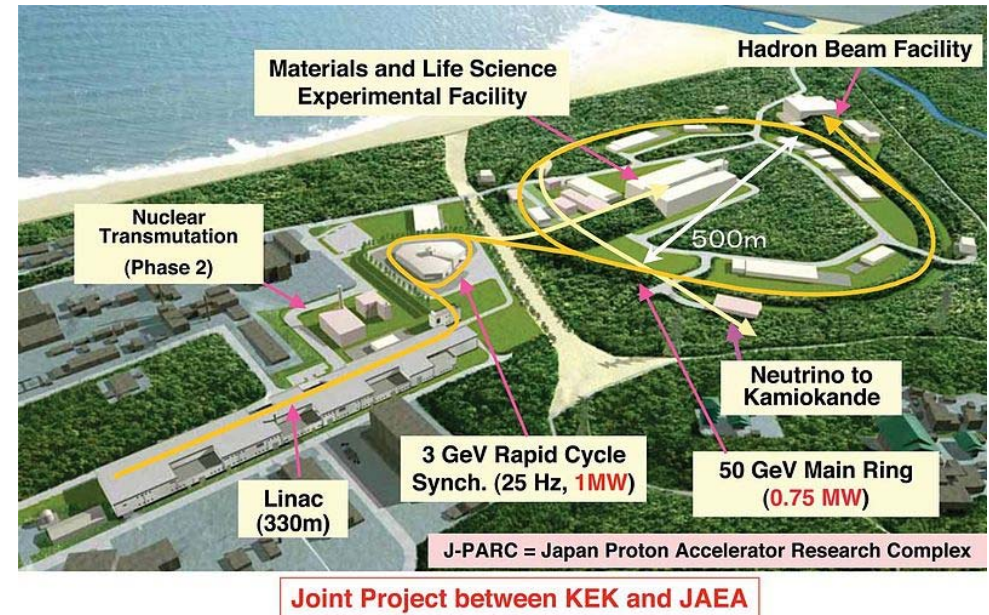
⇒ 核反応, 核破砕



J-PARC

大強度陽子加速器施設
Japan Proton Accelerator
Research Complex (~50 GeV 陽子)

➡ 中性子, ミュオン, K中間子,
ニュートリノなど



加速器中性子源

(数~数十MeV 陽子)

- 軽元素, 磁性体分析, 非破壊検査
- がん治療 (ホウ素中性子捕捉療法: BNCT)

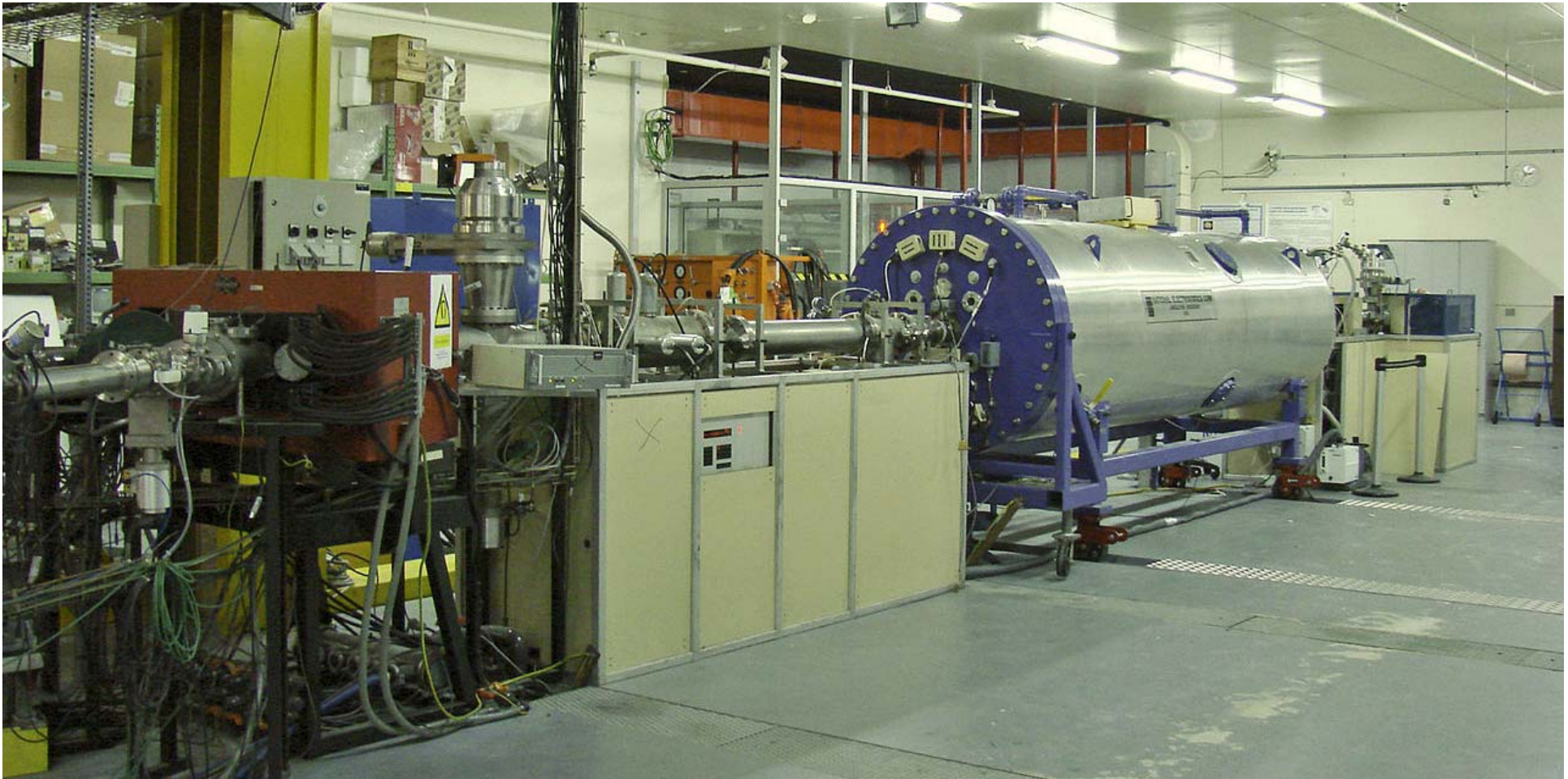
原子核工学専攻

- 中性子工学研究室
- 中性子応用光学研究室 (協力)
- 中性子源工学研究室 (協力)
- 放射線医学物理学 (協力)

イオンビームの応用(1)：元素分析



Accélérateur Grand Louvre d'analyse élémentaire (AGLAE)



文化財 の分析

- 材質の分析
- 産地の特定
- 真贋

symmetry magazine, May 14, 2015

分属説明会「イオン加速器の応用と量子ビーム科学」(2016.11.22)

15/25

イオンビームの応用(2)：粒子線がん治療



Bragg peak

X線, γ線

浅い部分に多くのエネルギーを付与

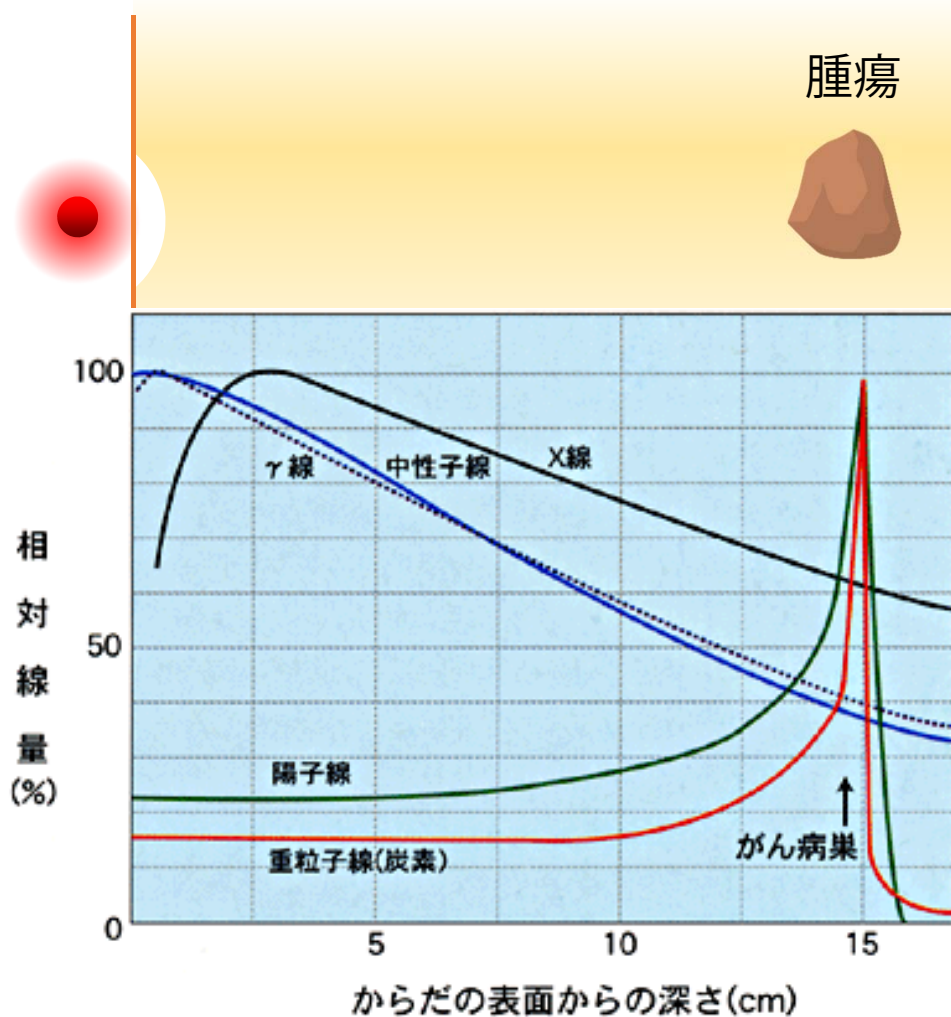
⇒ 正常細胞も破壊

イオンビーム

ある深さで局所的に大きなエネルギーを付与

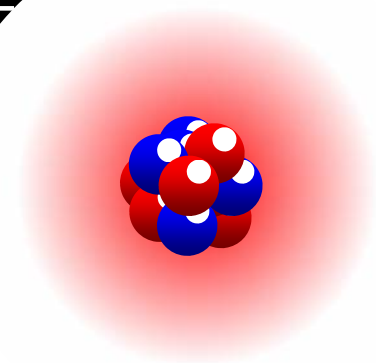
「ブラッグピーク」

⇒ 病巣を狙い撃ち



重粒子線がん治療

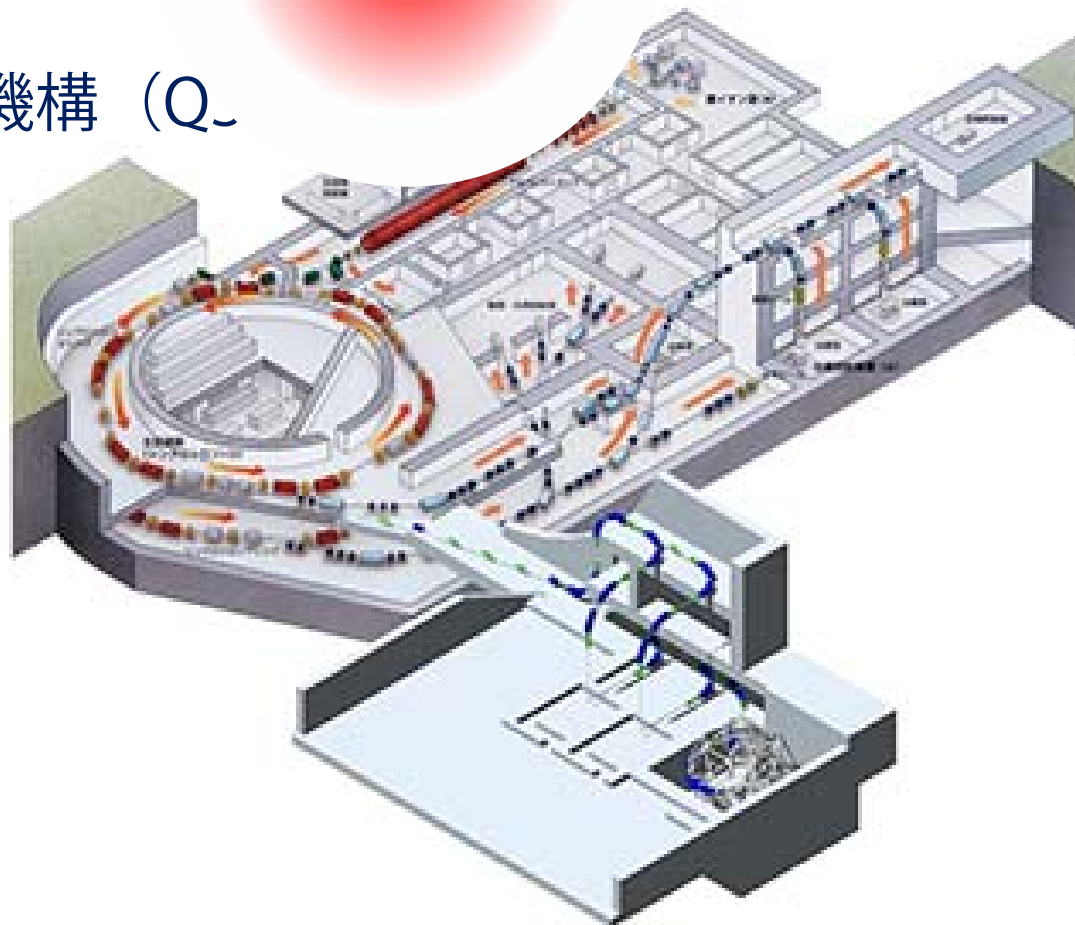
= 炭素イオンビーム



量子科学技術研究開発機構 (QST)
放射線医学総合研究所

HIMAC

Heavy
Ion
Medical
Accelerator in
Chiba



原子核工学コース（専攻）の加速器

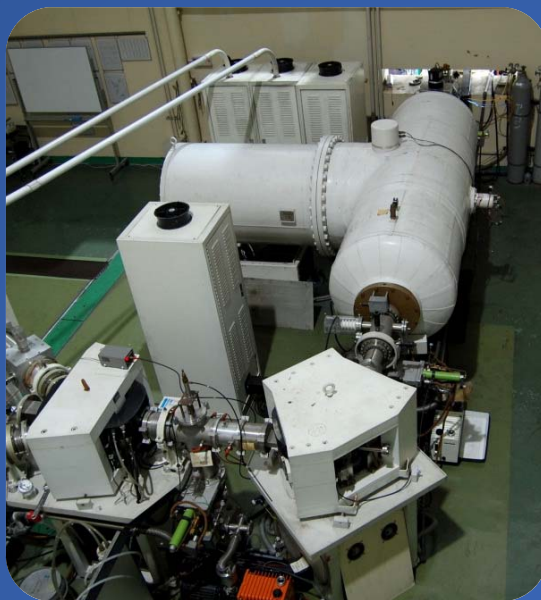


Van de Graff
(single-ended)

MITSUBISHI
Electric Corporation
(Japan)

2.5 MV

1969



Cockcroft-Walton
(tandem)

General Ionex (USA),
SEIKO Electronics Industrial Co.
(Japan)

1.7 MV

1988



Pelletron
(tandem)

National Electrostatic Corporation (USA),
Hakuto Co. (Japan)

2.0 MV

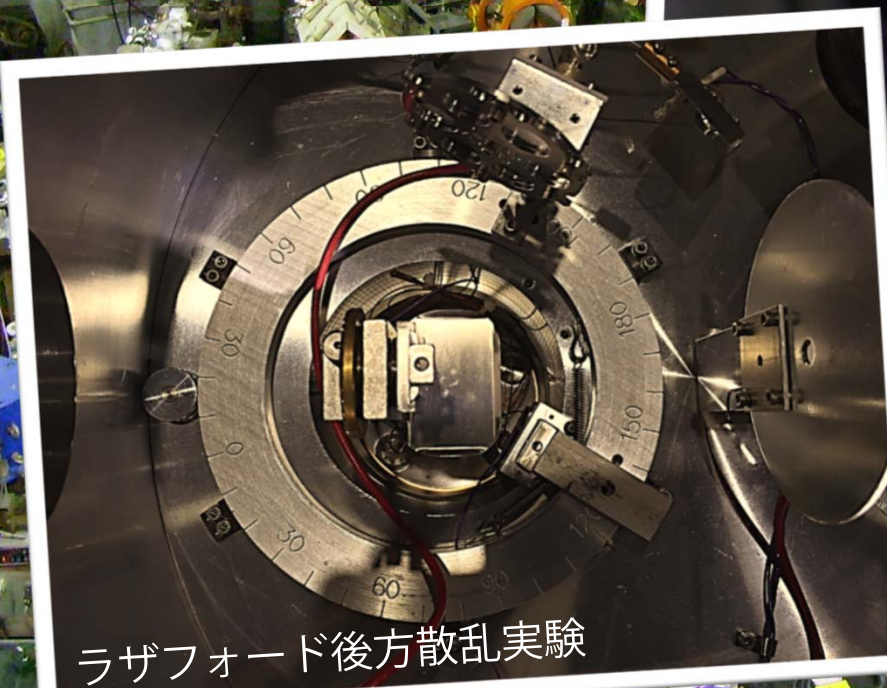
2010

学生実験

3回生の学生実験で
イオンビームを用いた
分析を行う



イオンビームの飛跡の観測



ラザフォード後方散乱実験

関連する教育項目

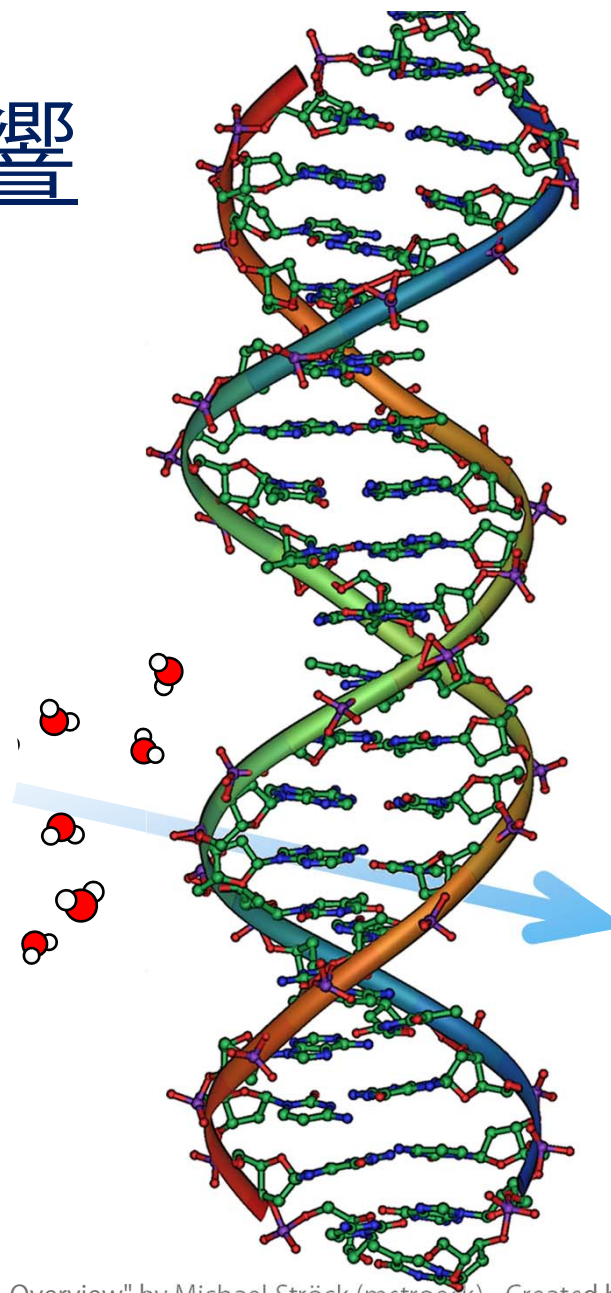
- ◎ 量子力学，電磁気学などの基礎物理
- ◎ 原子物理，固体物理，物理化学
- ◎ 放射線物理，放射線計測，放射線医学
- ◎ 加速器工学，真空技術，電気回路



生体に対する放射線影響 初期の物理化学過程

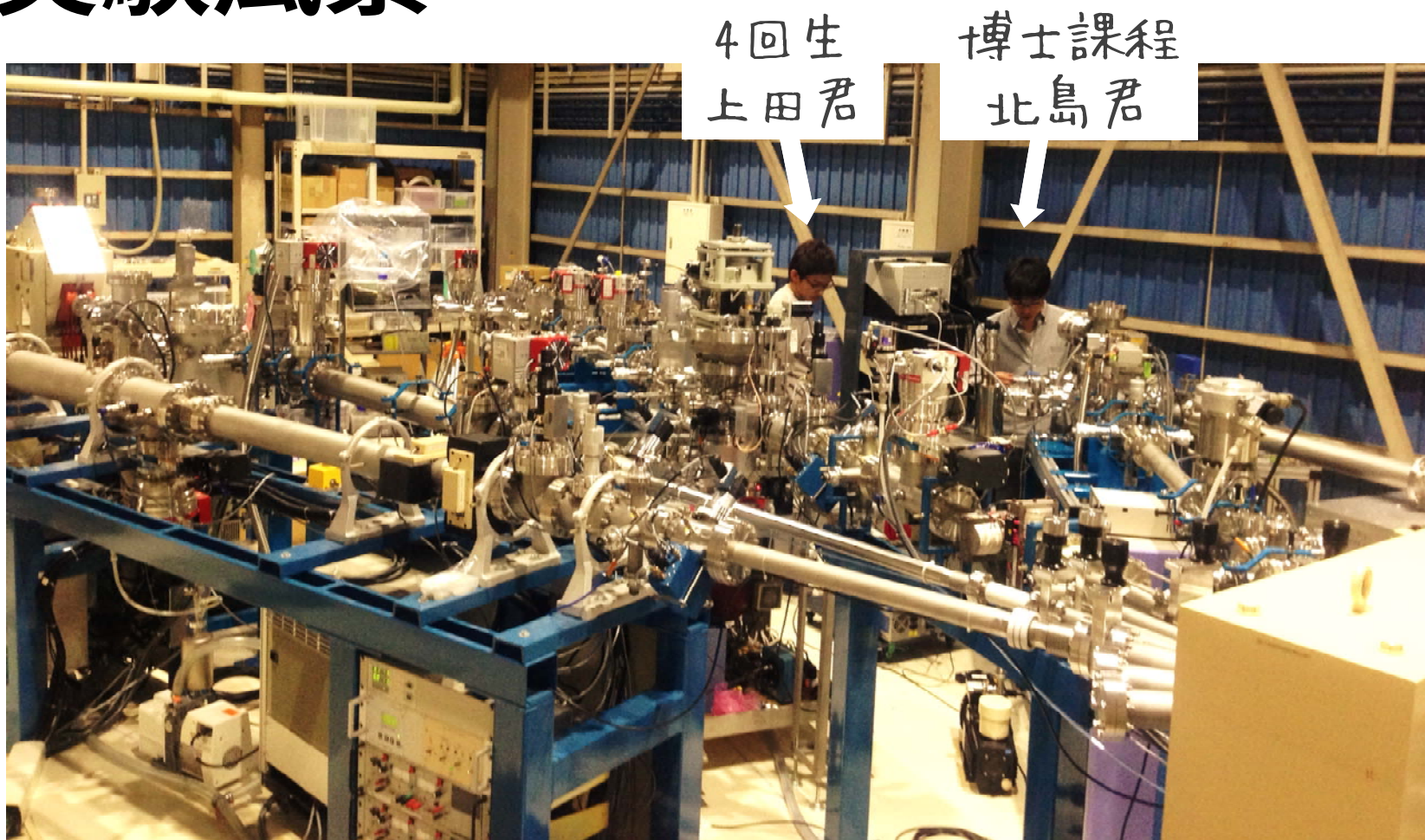
- DNAの電離・電子励起による**直接的**な破壊
- 周辺で生成するラジカルなどによる**間接的**な破壊

➡ 詳細なメカニズムは不明



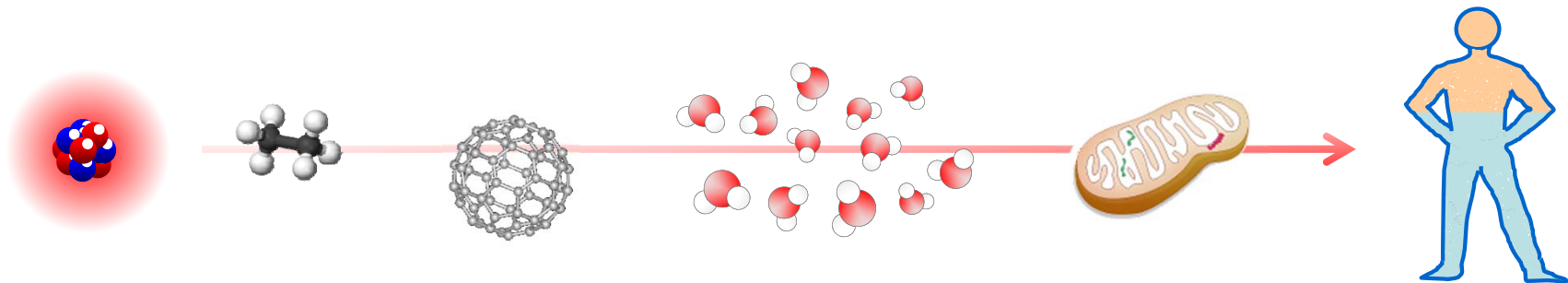
"DNA Overview" by Michael Ströck (mstroeck) - Created by Michael Ströck. Copied to Commons from en.wikipedia.org.. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Commons - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DNA_Overview.png#/media/File:DNA_Overview.png

実験風景



量子ビームは…

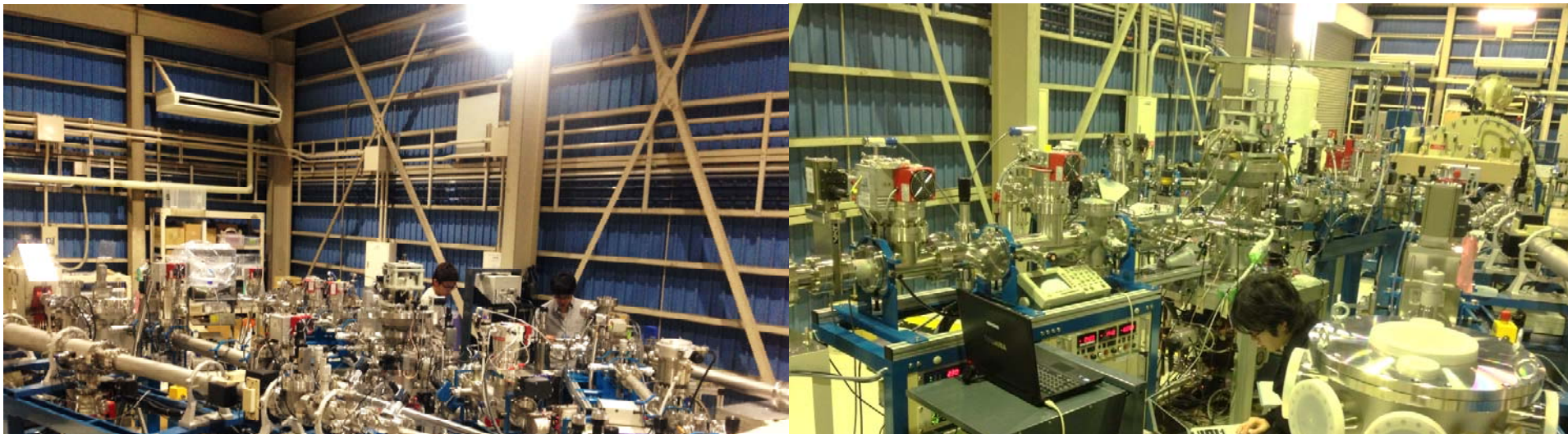
- 加速器などから得られる，ミクロな粒子のビーム
- 制御された「人工の放射線」
- 様々な科学・技術に利用可能な**新たな武器**



新しい実験システムを考案・開発・製作



まだ見えていない，原子レベルでの
複雑な現象の解明を目指す！



見学歓迎します。

連絡先：majima@nucleng.kyoto-u.ac.jp (間嶋)

