

話 題

東大ライナック(東海)復興*

上坂 充*・上田 徹・中園 祥央・土橋 克広・小山 和義・藤原 健・岩井 岳夫

Recovery of Linac Facility University of Tokyo in Tokai

Mitsuru UESAKA*, Toru UEDA, Yoshihisa NAKAZONO, Katsuhiro DOBASHI
Kazuyoshi KOYAMA, Takeshi FUJIWARA and Takeo IWAI

Abstract

Status, damages due to the earthquake, recovery and new projects are described at the linac/laser facility of Nuclear Professional School, University of Tokyo. The twin linacs themselves fortunately came off with no serious damage, but many diagnostic devices were heavily destructed. One of the two electrostatic ion accelerators was heavily damaged. We decided to replace it with the 1.7 MeV accelerator from Asano campus. The governmental recovery budget was approved in the fall, 2011. We have started the open use of the twin linac. Na₅KNb exchangeable photocathode is under self-development collaborated with JAEA. The cathode fabrication device was also damaged, but it is almost recovered. X-band(11.424 GHz) 30 MeV linac for Compton scattering monochromatic X-ray source was approved officially by the government last autumn. After repairing its vacuum system and alignment, we are going to move the thermionic RF gun near the accelerating tube and restart the experiment. Portable X-band(9.3 GHz) 950 keV second linac and 3.95/6 MeV linacs remained almost undamaged. Transmission nondestructive test of thermal-shielded-pipe used at petrochemical complex and PC(Pre-stressed Concrete) for bridges are under way by the 950 keV and 3.95 MeV linacs, respectively. The third machine of 6 MeV linac X-ray source has been installed and under testing. We have already shipped the 12 TW 50 fs laser to KEK for more varieties of uses. We are developing a new femtosecond fiber laser for a new photonic crystal on-chip accelerator. The on-chip accelerator for fundamental radiation biology is under design. Another femtosecond fiber laser is going to be installed as a new oscillator for the laser driver of the photocathode RF injector of the S-band linac. Our fast neutron experimental reactor, Yayoi, was officially shut down in March, 2011. We plan to reuse its infrastructure with accelerator-based neutron sources. New experimental exercise program is also introduced.

1. はじめに

この度、日本加速器学会誌に本稿掲載の機会をいただいたことに感謝の意を表したい。

当組織は原子力工学に属す。福島第一原発事故以降、我が国の原子力を取り巻く情勢は厳しさを極めているが、今こそ、高い付加価値を持つ実験装置を原子力の分野にとどまることなく、幅広い研究と教育に役立てていくことが重要であると考え。9.11以降、安全セキュリティ強化に伴い、核物質を取り扱うことは、大規模組織以外では管理体制、予算面から困難になりつつある。こうした状況の下、加速器を使った放射線施設は以前にも増して、重要性が高くなっている。本稿の趣旨は震災からの復興であるが、加速器を使用した中性子源の重要性についても強調していきたい。

2. 震災被害の状況

この章では、震災1年半後の被害状況を報告させていただく。

東大東海キャンパスの航空写真を図1に示す。40年にわたり全国共同利用に供してきた高速中性子源炉“弥



図1 東大原子力専攻キャンパス

* 東京大学大学院工学研究科原子力専攻 Nuclear Professional School, University of Tokyo
(E-mail: uesaka@nuclear.jp)

生”は、2011年3月31日をもってその役目を終える予定であったが、同11日、地震時の緊急安全停止をもって、永久停止とした。装置本体に被害はなかったが、炉室扉前通路壁亀裂、排風機、制御室外壁、HOTエリア外装等が損傷した。原子炉棟、地震の1年前に耐震補強工事を施していた研究棟本・別館はそれぞれの振動により、繋ぎ部に大きな亀裂が入った。

環境放射線計測値は常時計測しており、地震以降は計測値を文部科学省、地元自治体等に直ちに報告し、以後も随時報告を続けた。3月15 - 31日の東海、本郷での放射線モニタリング結果を図2に示す。この自然放射線レベルは縦軸で0.05 $\mu\text{Sv/hr}$ である。茨城県オフサイトセンターがしばらく立ち上がらなかったため、しばらく計測値をマスコミに公開したのは本組織であった。

一方環境放射線モニタリング結果が自然放射線の10倍では、今後の廃炉措置に役目が果たせるかが疑問であった。学内で議論の末、除染することとした。除染前後の周辺の変化を図3に示す。表面積の多い、樹木の葉に多く粒子が付着し、それが雨やそれ自身の落下で、地上のモニタリングポストでの空間線量が上昇する。隣接の日本原子力研究開発機構（JAEA）の理解を得て、植木と垣根を除去し、アスファルトを張り替えた。結果0.6 $\mu\text{Sv/hr}$ が0.3 $\mu\text{Sv/hr}$ となった。福島にもボランティアで除染に行ったが、半減できたことは、効果が上がった方ようである。

主な装置の被害を述べる。重照射施設の2台のイオン加速器本体に大きな被害（バンデグラフ加速器ターミナル部シェルおよびシェルランプの変形、タンデトロンの加速管の破壊（図4左）、放射線遮蔽扉2つの破壊（図4右））が出た。

また、ライナック・ブランケットでは加速器・顕微

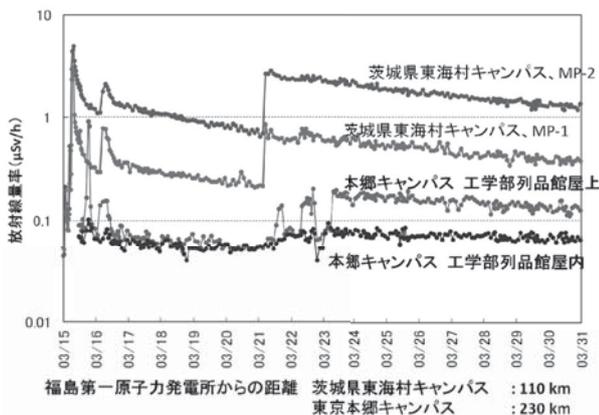


図2 福島からの放射性物質による線量のモニタリング（平成23年3月）

鏡等大型装置の被害は甚大でなかったが、計器類多数転倒破壊、放射線遮蔽扉の異常などが生じた。Sバンドツインライナックの全景を図5に、被害の様子を図6に示す。

3月11日の夜の、研究棟本館ピロティでの、夕食の



図3 モニタリングポストの除染（左：前0.6 $\mu\text{Sv/hr}$ 、右：0.3 $\mu\text{Sv/hr}$ ）

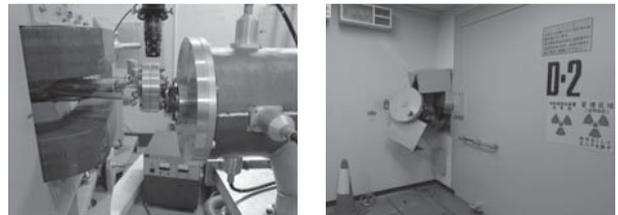


図4 タンデトロンのベローズ変形と遮蔽扉の破損

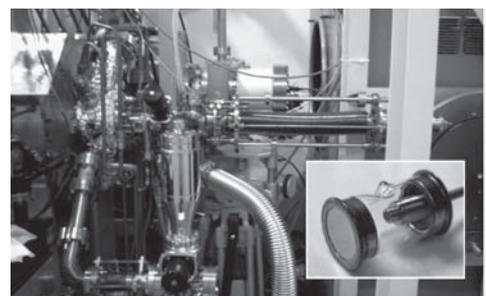


図5 Sバンドツインライナック（上：全景，下：カートリッジ型 Na_2KAb フォトカソード）

様子を図7に示す。この全員がしばらく専攻内に寝泊まりした。

ライナックは地震後2週間電力が復帰せず、排気系の弁が解放状態であった。また重照射施設中性子照射室扉も損傷のため密閉できていなかった。そのため、福島第1発電所からの放射性物質が実験室内にも飛散し、定常値を上回った。後に、環境放射線モニタリングポスト周辺区域を含め、除染作業を行った。

3. 復興

3.1 Sバンドツインライナック

平成23年度を掛けて復旧を行った。9月と3月に不完全な状態ながら学生実習を行うことができたことは幸いであった。

まだ電流値は100%復帰していないが、平成24年4月より全国共同利用を再開した。

共同利用テーマ一覧を表1に示す。

このような状態にも拘らず、利用してくださる全国のユーザの方々に改めて感謝する次第である。

そのような中、研究開発活動も再開させた。文科省量子ビーム基盤技術開発プログラムにおいて、光陰極を交換可能なカートリッジ型可視光対応の Na_2KSb を開発・利用している。この成膜システムも地震の被害を受けたが、苦勞しながら復旧させた。量子効率低下が紫外領域のそれに比べて大きく実用的レベルを目指すために、JAEAと共同で、アンチモンベース陰極製膜用MBE装置を用い陰極劣化のメカニズム検討を行っている。 Na_2KSb フォトカソード表面についてレーザー顕微鏡による観察を行いJIS-B0601に基づく表面粗さ分析を行い表面に深さ約20 μm 程度の黒い穴が局所的に形成されていることが明らかになった。使用

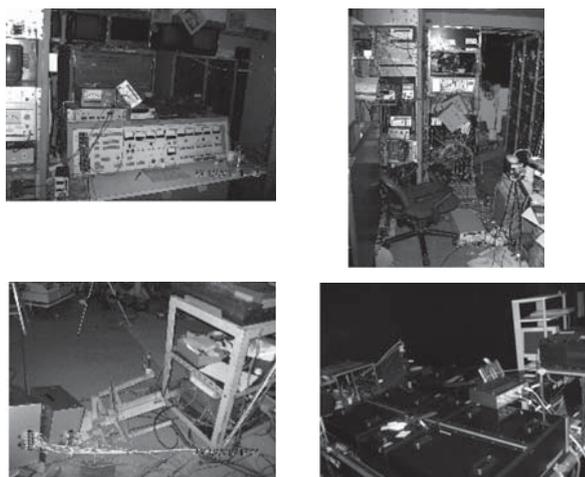


図6 ライナック測定機器・レーザー機器の震災状況(上2つ:制御室, 左下:照射エリア, 右下:0.3TW50fsレーザー)



図7 3月11日夜研究棟本館ピロティでの夕食

表1 東大原子力専攻ライナック共同利用テーマ一覧

テーマ番号	テーマ名	研究テーマ代表者	実験参加代表者
24L-01	水溶液の放射線効果の研究	勝村庸介	勝村庸介
24L-02	パルス&プローブ法を用いる超高速反応の研究	勝村庸介	勝村庸介
24L-03	高速応答シンチレータの開発と性能評価	浅井圭介	浅井圭介
24L-04	高温・超臨界溶媒の放射線化学	勝村庸介	勝村庸介
24L-05	フォトカソードRF電子銃の高性能化	大熊春夫	大熊春夫
24L-06	レーザープラズママルチビーム研究	上坂 充	小山和義
24L-07	バンド加速器の応用研究	上坂 充	上坂 充
24L-08	不定比金属組成を制御した銅酸化物超伝導体のピンニング特性に及ぼす電子線照射効果	寺井隆幸	下山淳一
24L-09	パルスラジオリシス法による金属タンパク質の電子移動反応の研究	高妻孝光	高妻孝光
24L-10	エマルジョンガンマ線望遠鏡のエネルギー分解能測定	青木茂樹	高橋 覚
24L-11	照射によるゲル化およびゲル中での照射効果の研究	田口光正	山下真一
24L-12	パルスX線発生を利用した陽電子消滅法の研究	平出哲也	平出哲也
24L-13	フェムト秒ライナックのためのマシンスタディ	上坂 充	上坂 充

済みカートリッジ薄膜のナノインデンテーション試験を行い、Cs₂TeはNa₂KSbより弾性率が小さい可能性があることがわかった。インデンテーション試験結果よりCs₂Teは表面がナノオーダーの範囲で表面粗さが大きく、Na₂KSbは使用後表面粗さが増大する可能性がある。

一方、レーザーフォトカソードRF電子銃駆動、ポンプ&プローブ分析光用の0.3TW100fsTi:Sapphireレーザーのオシレータ・再生増幅器をファイバーレーザーに更新することとした。以下のその仕様を示す。

1) フェムト秒レーザーオシレータ

- 発振形態 パルス発振
- 波長 780 nm ~ 790 nm
- 平均出力 65 mW 以上
- パルス幅 120 fsec 以下
- 繰返周波数 119 MHz
- 外部のRF信号476 MHzと同期する機構を保有し、短期タイミングジッター 200 fsec 未満 (0.1 Hz ~ 500 kHz).

2) 再生増幅器励起用パルスグリーンレーザー半導体励起レーザー

- 波長 527 nm
- 平均出力 20 W 以上 @1 kHz
- 出力安定性 1%以下 (rms)

3) 再生増幅器

チタンサファイア再生増幅器

- 波長 780 nm ~ 800 nm
- バースト機能 ポッケルセルにてパルスを間引き、1 ms 間隔の連続する2パルスを10 Hzにて取り出し可能
- パルスエネルギー 3 mJ 以上 @ 1 kHz
これを2分岐し、それぞれ下記出力が得られる。
1.5 mJ 以上 @780 nm ~ 800 nm (基本波)
150 μJ 以上 @ 260 nm ~ 266 nm (第三高調波)
- パルス幅 ~ 150 fsec@780 nm ~ 800 nm (基本波)
3 ~ 5 psec@260 nm ~ 266 nm (第三高調波), 基本波 (780 nm ~ 800 nm) および第三高調波 (260 nm ~ 266 nm) は、それぞれ独立にパルス幅を調整できる。
- 出力安定性 0.5% rms 以下 @800 nm
- 空間モード TEM₀₀ (ガウス分布のM²値: 1.3 以下)
- 消光比 (メインパルス・ノイズ比) >500:1
- 偏光 リニア, 水平
- 繰返し周波数 1 kHz

4) 第二・第三高調波発生器

- 第二・第三高調波発生器は、上記1), 2), 3)

と同じ筐体内に配置される。

- 発振波長 SHG : 390 ~ 400 nm, THG260 ~ 266 nm
- 出力 >0.15 mJ @ THG (1.5 mJ@2 psec 励起時)

この新ファイバーレーザードライバの導入により、レーザーの小型化が進み、レーザー本体をライナック照射室のRFガン真横に置くことができる。ここまではレーザー室から50 mの窒素封じ込めレーザービームラインを通して、RFガン、分析装置にレーザー光を導いていた。このため、建家の昼夜の伸縮による電子パルスとレーザーパルスとの時間差の、ピコ秒オーダー以上の時間ドリフト、レーザースポットの位置のずれなどの安定性の問題がある。これらが解消され、より安定な高時間分解の放射線化学分析の実現が期待できる。

3.2 コンプトン散乱X線源

医療応用を目指したコンプトン散乱単色X線源 (図8) では、2010年30 MeV 加速に成功し、文科省の施設認定を受けた。しかし、これも被害を受け、真空系、アライメント等を復旧させた。機器の最適配置をするべく、熱RF電子銃を加速管に近接配置して大電流モードで運転を再開する。SPring-8 マイクロX線蛍光分析で、Pt系抗がん剤薬品送達システムのがん細胞・組織取り込み分布を1 μm 分解能で可視化に成功し、論文はNature Nanotechnology に掲載された。このような分析もできるようにしたい。今年度中に単色X線実験の開始を目指したい。

3.3 可搬型950 keV Xバンドライナック

950 keV, 3.95/6 MeV システムは(株)アキュセラと共同で行っている。

改良型950 keV Xバンドライナック、橋梁その場検査用3.95 MeV XバンドライナックX線源は被災の中、

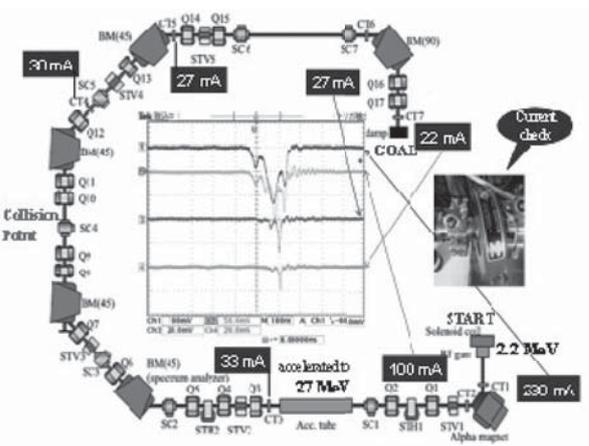


図8 11.424 GHz コンプトン散乱X線源

平成 23 年 3 月官庁の検収を完了できた。がれきの中での検収というべきか、可搬型システムの真骨頂であった。

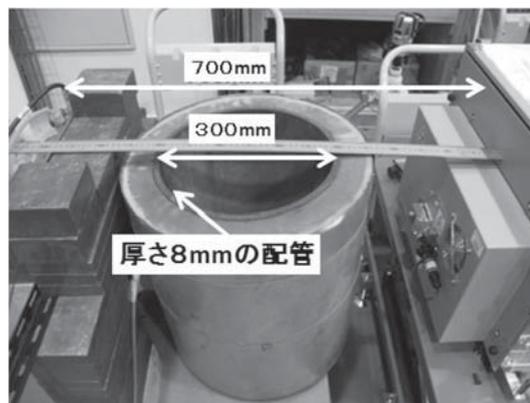
その後の調整により、平成 24 年度中に 950 keV 電子ライナック X 線源が完成し(図 9)、50 mGy/min@1 m の X 線強度が達成された。加速器ユニット、マグネトロンユニット、電源ユニットから構成され、加速器ユニットとマグネトロンユニットの重量は 44 kg、49.5 kg である。実験室で実証するため人工欠陥が作られた配管試料の透過試験を行った。X 線カメラとしては Perkin Elmer 社の XRD-0820 を使用している。空間分解能が 0.2 mm で放射エネルギー範囲が 20 keV ~ 15 MeV である。試料としての保温材付き配管は内径 300 mm、厚さ 8 mm の内側鉄管と厚さ 55 mm の中間保温材、そして厚さ 0.5 mm の外装板金で構成されている。試料の長さは 500 mm である。鉄管外面には人口減肉欠陥を複数作り、深さは 3.5 mm、直径はそれぞれ 1, 3, 5, 7, 10 mm である。検出器は間接型フラットパネルディテクターを使用し、撮影時間 1 秒で人工欠陥を鮮明に撮影できた。図 10 に配管試料と透過像を示す。

電離放射線障害防止規則に基づく安全管理による現場透視検査として、福島県内工場の蒸留塔において、鉄等価厚 150 mm 程度の透視画像も、イメージングプレートを用いて 10-30 分で取得できた。従来の 300 kV X 線管では不可能であった内部構造が初めてその場で確認されたものであり、極めて画期的な予備試験成果を挙げたものと云える。この 9 月には検査会社による実用ベースのその場透視検査サービスが始まる。新しい日本製の X バンドライナックの実用化は喜ばしい限りである。

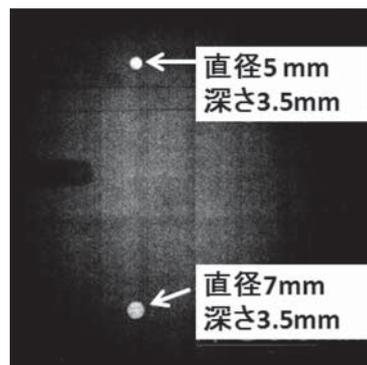
3.4 可搬型 3.95 MeV X バンドライナック

3.95 MeV X バンドライナックシステムの全体像を図 11 に示す。本システムの X 線発生強度は 200 pps

で 2 Gy/min@1 m である。HVPS, 制御ユニット, マグネトロンユニット, 加速器ユニットは各 116 kg, 62 kg, 114 kg で加速ユニットの加速管部 (62 kg) とコリメータ部 (80 kg) は分離可能である。また、高周波源ユニットと加速器ユニットを繋いでいる導波管はフレキシブルな素材でできており、90 度まで曲げて運転すること



(a) 石油コンビナート保温材付き配管試料 (人工減肉欠陥つき)



(b) 人口減肉欠陥測定結果 (PE 社 X 線カメラで 1 秒)

図 10 可搬型 950 keV システムによる石油コンビナートオフライン配管の人口減肉検査結果

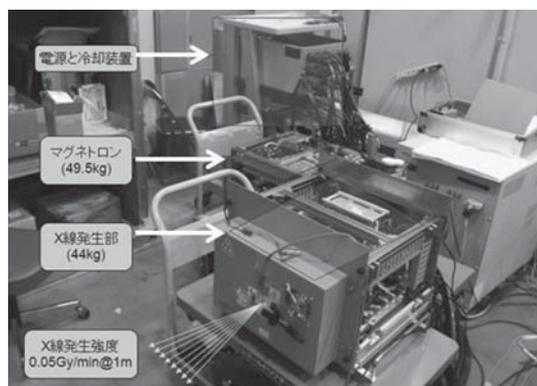


図 9 可搬型 950 keV X バンドライナック X 線源

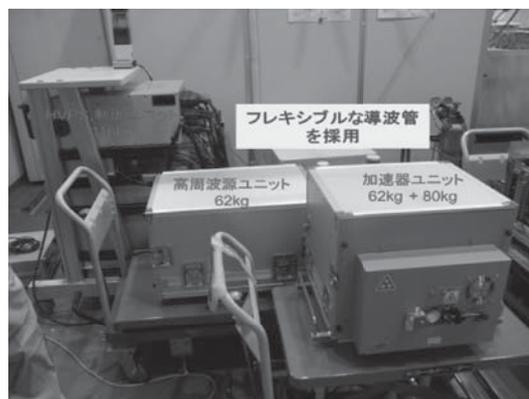
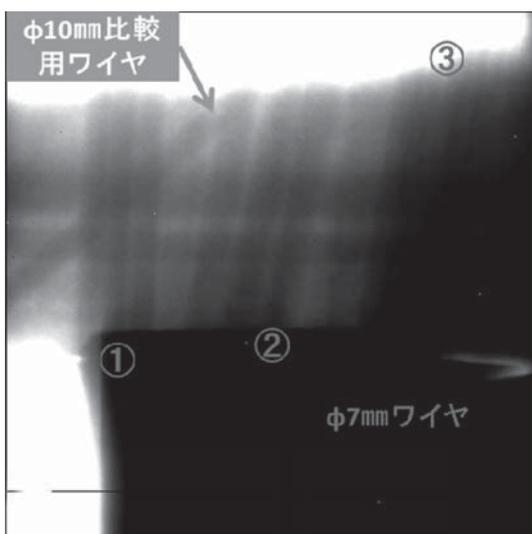


図 11 可搬型 3.95 MeV X バンドライナック X 線源

が可能である。橋梁 PC (Pre-stressed Concrete) 材の測定試料を図 12 (a) に示す。測定を行った部分は下部の厚さ 40 cm の部分になる。PC 材は図に示すように外径 7 mm 鉄ワイヤが 15 本程度外径 30 mm 程度の鉄パイプ中に束ねられ、そのパイプが断面中に複数挿入されている。両端から引張応力を印加し、強化している。図 12 (b) に透過画像を示す。200 pps 運転で 1 秒以内での画像取得が可能である。X 線源がコンビームであるため線源に近い $\phi 7$ mm 鉄ワイヤの方が大きく見え、ビーム中心から遠いものは確認が難しい。また、 $\phi 7$ mm ワイヤの 15 本束になっているものが 3 本しか確認できない。一方向からの透過画像では 15 本全部



(a) 橋梁 400 mm 厚 PC 材スライス切り出し試料



(b) 透視画像 (PE 社 X 線カメラで 1 秒)

図 12 3.95 MeV X 線源による 400 mm 厚橋梁 PC 材の透視画像

は認識できない。比較用に検出器側外側に斜めに貼り付けた $\phi 10$ mm ワイヤが確認できる。

また、積算時間をさらに長くして撮像を行ったところ画像全体は明るくなったものの、鉄筋が映っている部分と映ってない部分の差がほとんど変わらなかった。その理由については散乱 X 線によるものと思われる。ここで課題となるのは、高エネルギー X 線非破壊検査用の X 線カメラが存在しないことである。我々は X 線-電子コンバータ付きガス検出器型カメラ、10 mm 厚以上の固体シンチレータカメラの開発研究を開始している。また部分 CT によって内部構造や鉄鋼腐食部の深さの情報を得て、構造解析の実施も検討している。

橋梁その場検査用にのみ 3.95 MeV まで放射線障害防止法で許可されているが、我が国で初めてとなるので、文科省安全審査委員会にて承認を得る。まずは、つくば市の (独) 土木研究所との共同研究にて、劣化橋梁大型試料のその場透視検査を今年度中に行う。承認後は、現場検査を行う計画である。

3.5 6 MeV 動体追跡ピンポイント X 線がん治療システム

6 MeV X バンドライナック X 線源からの 5 mm 以下のスポットの X 線を、動く肺がん等に追跡して照射・治療するシステムを、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務により、アキュセラを中心に開発中である。1 号機は東海にて特性検査中であるが、2 号機は東京都新宿区の国際医療研究センターにて、薬事法承認を得るための調整を行っている (図 13)。

平成 24 年 10 月より、いばらき量子ビーム研究センター新棟の実験室に移設して、試験を行う予定である。

3.6 新レーザー加速システム

12TW50fs レーザーは今年 7 月に KEK に移転し、共同研究を効率化し推進することとした。

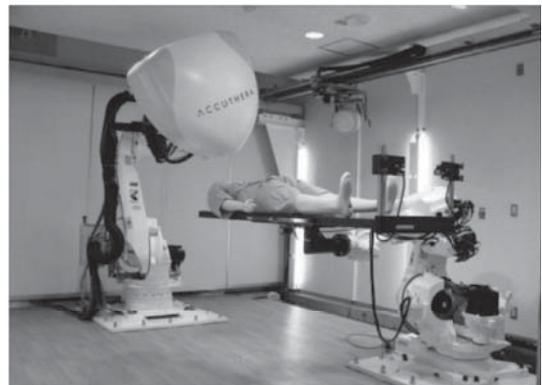


図 13 6 MeV 動体追跡ピンポイント X 線がん治療システム

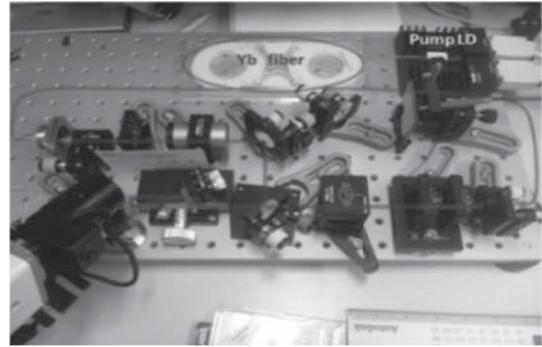
一方新たな方向として、ナノメートルサイズ・アト秒電子ビーム小型加速器の開発を目指して、レーザー誘電体加速によって電子を加速するシステムを設計している。レーザー光の電場による加速では、数 100 MeV/m の加速電場が可能となり、加速管長が数 mm 程度となる。ファイバーレーザーは出力の安定化と位相制御が容易であり、本研究では直径がサブマイクロメートルサイズの電子ビーム小型加速器のレーザー開発を最終目標に、現在チタン・サファイア TW レーザーオシレーター用超短パルスファイバーレーザーの開発を行っている。ファイバーレーザーの利得媒質の Yb は発振波長が 1064 nm でチタン・サファイアの発振波長と異なるため、非線形フォトニッククリスタルファイバー (Photonic Crystal Fiber: PCF) によってスーパーコンティニューム (SuperContinuum: SC) 光を発生させて波長変換を行う。ここでは Yb ファイバーレーザー共振器、増幅器の製作と非線形 PCF による SC 光発生に成功した。共振器と増幅器からは中心波長 1060 nm, パルス幅 860 fs, 繰り返し周波数 60 MHz, 平均出力 6.9 W のパルスが得られ、SC 光により波長をおよそ 930 ~ 1080 nm まで広げることができた。現在はチタン・サファイアの利得波長における SC 光の位相状態の計測と光パラメトリック増幅に向けて調整を続けている。開発されたレーザーと増幅器の写真を図 14 に示す。

また、ナノメートルサイズ・アト秒電子ビーム小型加速器では、数百 nm 程度の nm サイズビームの実現が期待され、DNA や遺伝子の狙い撃ちによる、それらの損傷と修復の研究を展開したい。設計中の誘電体 (Dielectric; Photonic Crystal) 加速管と電子加速シミュレーションの様子を図 15 に示す。内部構造は 1 μ m 以下のサイズである。将来的にはひとつのチップにレーザー以外の加速システムを微細加工して製作したい。

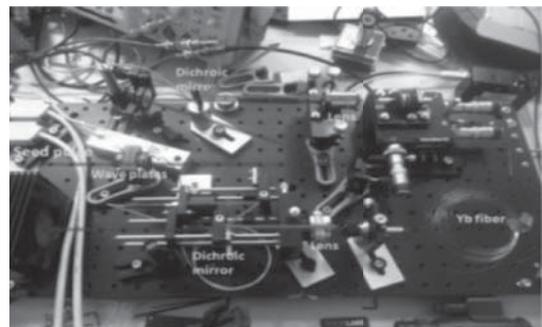
最後にオンチップ加速器による DNA 狙い撃ちのイメージを図 16 に示す。

3.7 1.7 MV タンデトロン (RAPID) の移設

重照射研究棟において、1 MV タンデトロンについては加速管の破損など被害が大きかったため、修理による復旧は断念し、別の加速器を設置する方向で検討を行った。ちょうど東大浅野キャンパスに設置していた 1.7 MV タンデトロン (RAPID) が平成 24 年度中に運転を終了することが決まっていたため、これを後継機として東海村に移設することになった。加速器が 1 MV から 1.7 MV に大型化することに伴い、ビームラインの再編成を実施し (図 17), 既に長さがギリギリであったマイクロビームラインは撤去して浅野キャン

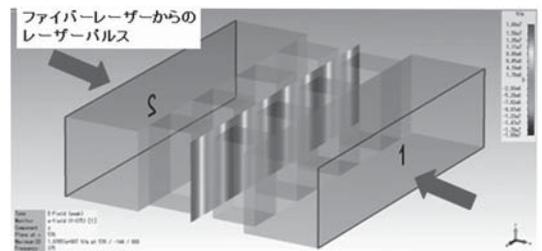


(a) Yb ファイバーレーザー 発振器

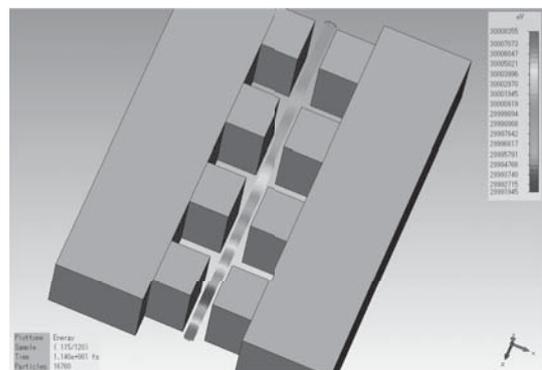


(b) ファイバーレーザー 増幅器

図 14 誘電体 (Dielectric; Photonic Crystal) レーザー加速用ファイバーレーザー



(a) 両側からのレーザー照射による加速定在波



(b) 電子加速シミュレーション例

図 15 誘電体 (Dielectric; Photonic Crystal) レーザー加速の設計例

パスの MALT に移設することになった。図 17 に示す通り、再編成後はこの 1.7 MV タンデトロンを用いて既設バンデグラフとの二重イオンビーム照射実験を従来通り可能にし、RAPID のイオン注入ビームラインおよび RBS ビームラインも移設して機能拡張を図る。また、放射線管理上の理由でこの加速器室ではプロトン

エネルギー 1 MeV 以下でしか使えないことから、RAPID の PIXE 機能はバンデグラフの方で生かす方針である。

この方針で平成 24 年 2 月に RAPID を分解・梱包したが、放射線管理区域解除に時間がかかったために加速器の輸送は 8 月までずれこんだ。しかしながら High

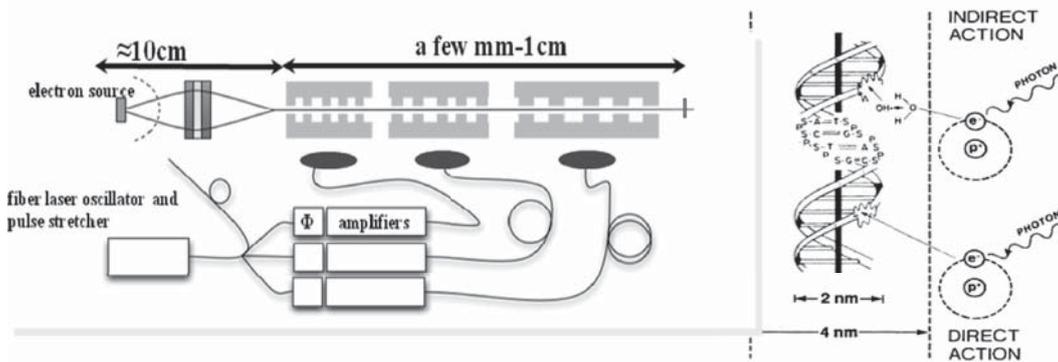


図 16 先進放射線生物学用オンチップ加速器のイメージ

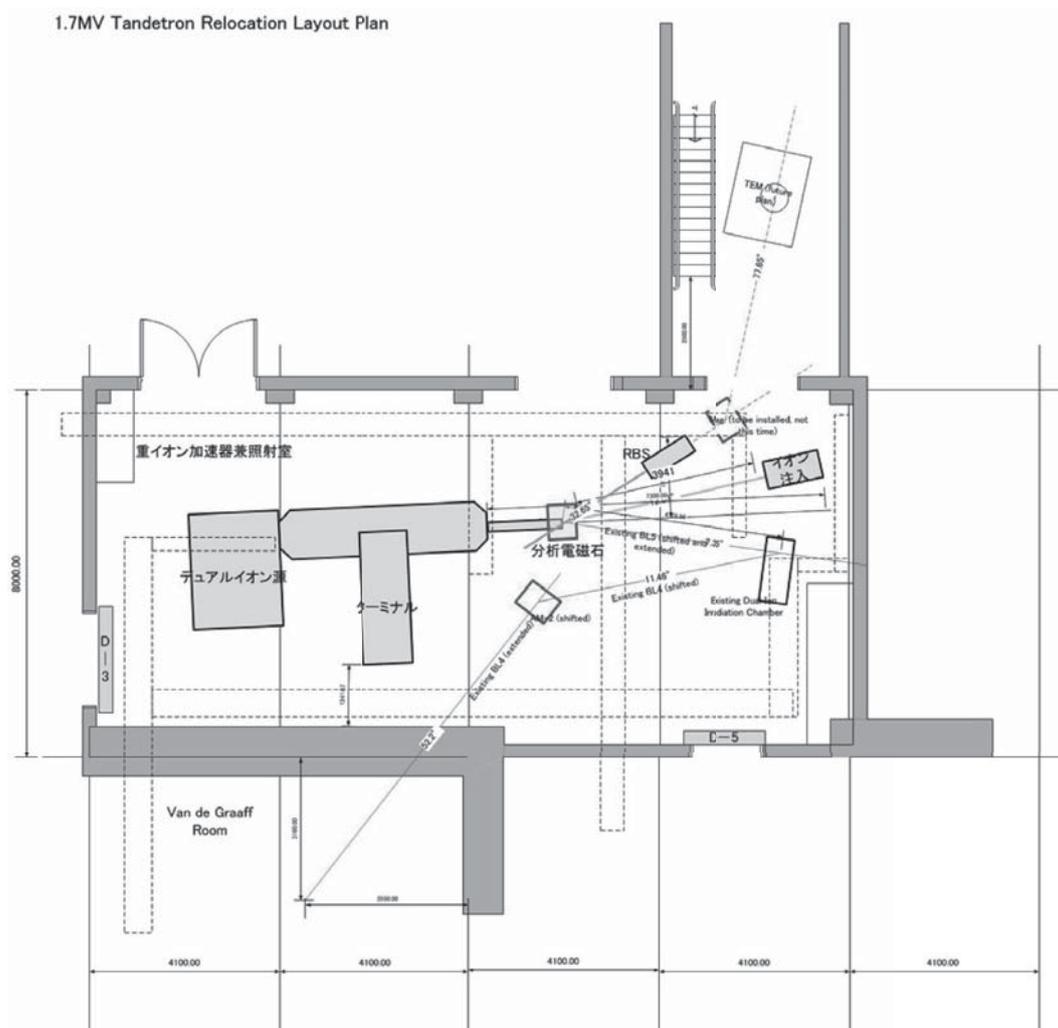


図 17 1.7 MV タンデトロン設置プラン

Voltage Engineering Europe (HVEE) の技術者が多忙なため、再設置作業の開始はさらに1月までずれこむ見込みである。平成24年度内の作業完了が現時点での目標であり、来年度中に震災前と同様タンデトロン、バンデグラフ2台の加速器での全国共同利用再開を目指している。

3.8 新小型加速器中性子源計画

研究炉弥生(図18)は、前述した理由で平成23年3月11日をもって運転停止した。その後、廃炉措置計画書は、監督官庁が福島対応で多忙を極めたため、約1年遅れて平成24年8月に承認された。研究炉が運転停止したとはいえ、我が国の中性子を用いた科学技術研究を減速させるわけにはいかない。さりとて他機関所属の研究炉再開には時間が掛かり、さらには新設も容易ではない。このような状況下でこそ、小型加速器ベース中性子源を活用すべきである。小型加速器ベース中性子源の構想は内々に検討していたが、廃止措置計画が承認され、工程が明確になった今、それを公にして準備開始することとした。

様々なオプションが考えられるが、まずは平成26年度に、コンプトン散乱用30 MeV電子ライナックを炉室に移設して活用し始めることから検討している。燃料のなくなった弥生本体の、スライド式燃料孔(500×500 mm²)に35 MeV(Ta, W, Pb ターゲット((n, γ))使用の場合、35 MeVが最も高効率)電子ライナック加速管と中性子発生ターゲットを挿入する。高周波源、電源、電子銃電源は炉心近傍に設置し、フレキシブル導波管、ケーブルで結合し、中性子源の位置の移動に



図18 高速中性子源炉弥生(平成23年3月11日をもって安定停止、廃炉措置進行中、加速器中性子源を挿入して再利用計画中)

対応できるようにする。中性子源配置決め後、放射線シャッターを閉じる。高周波源、電源、電子銃電源は局所放射線遮蔽を施し、運転中の立ち入り利用に対応できるようにする。これにより、旧弥生炉本体構造物、遮蔽物、照射孔に加え、制御室まで全てそのまま活用できる。

廃炉の原子炉の炉心に小型加速器中性子源を設置し、その設備をほとんどそのまま活用できるという、画期的な中性子研究施設が世界で初めてスタートすることになる。

まずは上記システムで前段階研究のあと、適切な出力の小型加速器を導入して、中性子強度を向上させることを検討する。有力候補としては、35 MeV電子ライナック中性子源(電子エネルギー:35 MeV, 電子ビーム出力:40 kW以上, 中性子発生強度:10¹⁴ n/sec, 利用強度:1.2×10⁵ n/cm²/sec, 中性子エネルギー:高速, 中速, 熱)のケースが挙げられる。陽子加速器も視野に入れている。

4. 新しい大学連携実験演習

当組織は平成22年度より取りまとめ機関として、文科省の公募型原子力人材育成事業のひとつである機関連携型原子力安全セキュリティ実験実習を実施している(図19)。狭義の理工学の実習のみならず、安全セキュリティの教育も含めたこの横断型ネットワークでは、それぞれ特色ある施設を有する各大学が、放射線種・分野・特徴が有機的相補的に実習に供せるように整理されている。個々の大学の有する実験インフラには限りがあるが、このようにネットワークを構築し学生を相互派遣することで、広範囲で充実した実習を行うことが可能となる。放射線施設を有する各施設は、それぞれのキャンパスで放射線安全管理の中核も担っている。この横の絆の強化で、さらにキャンパスでのプレゼンスを高めていただくことも本事業の重要な目的のひとつである。また、施設を保有しない大学や高等専門学校などにも実習の扉を開くことにより、原子力安全セキュリティ教育が全国的に広がり全体のレベルアップにも繋がっていくと期待される。震災の影響で実質の第1回目は平成23年8-10月に渡り全国で実施され、第2,3回目は平成24年3,9月に実施された。全国学生のWEB登録システム構築、放射線安全管理の徹底がなされ、インターンシップとしての単位化・評価も開始された。

この実験演習に、当組織はライナック、重照射施設のイオン加速器を供している。

平成24年度までは文科省公募計画に入っていた機関

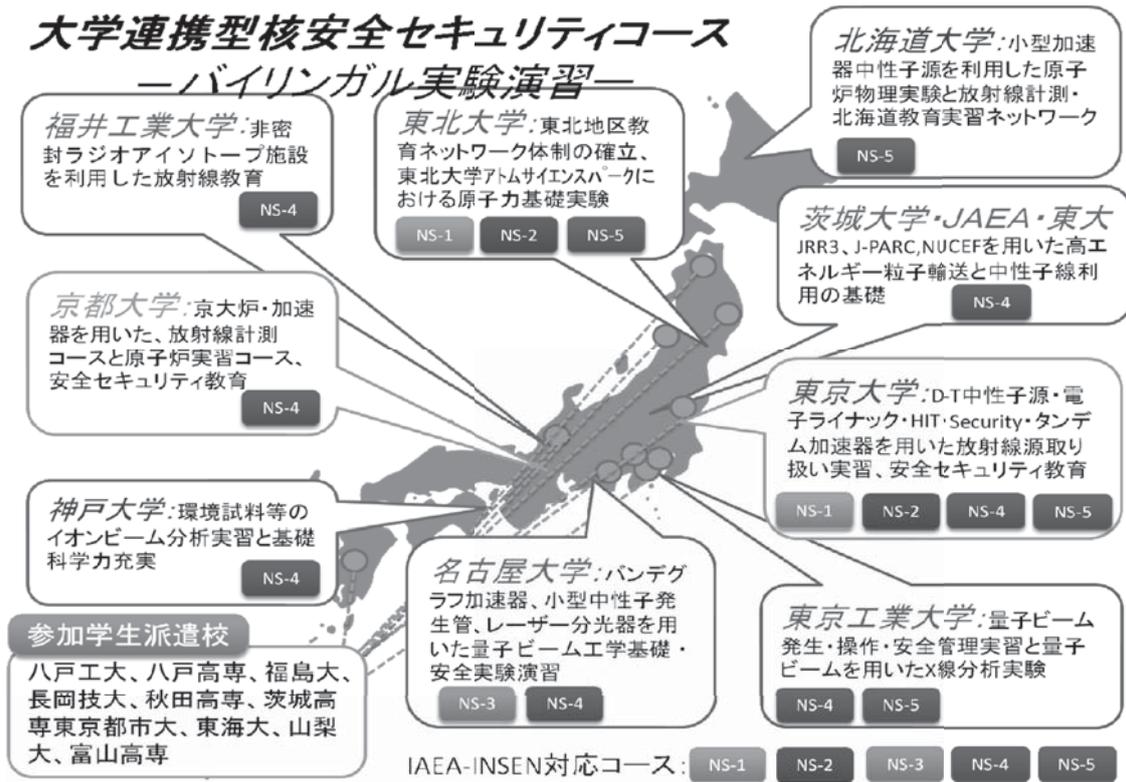


図 19 大学・大学院・高专実験演習ネットワーク

の学生のみの参加であったが、それ以降は文科省公募プログラムでなく、東大原子力専攻が運営している全国共同利用内で継続させていく予定である。

学生読者の方々の参加を大いに歓迎し、当組織への連絡をお待ちしている。

5. おわりに

東大東海キャンパスでの電子ライナックを中心に、研究施設の震災による被害、復旧、復興の状況を報告

させていただいた。震災以降、世界中の関係諸機関の方々より、温かいお見舞、ご心配、ご支援の連絡を多数いただいた。この場にて、改めて深く感謝を申し述べたい。ようやく復旧から復興段階へと移行してきたという実感があるが、当組織一同、この機会を前向きに捉え、原子力工学と加速器科学の発展に尽力していく所存である。今後の更なるご指導、ご協力をお願い申し上げます。