

ADVANCED PROJECT AT UTILITY FACILITY FOR ELECTRON BEAM IN NIHON UNIVERSITY

Isamu Sato, Ichiro Kawakami, Kazuo Sato, Yoichi Matsubara, Ken Hayakawa, Toshinari Tanaka, Hiroyuki Nakazawa, Kazue Yokoyama, \*Kazuo Nakahara, \*Shozhou Anami, \*Shigeki Fukuda, \*Hitoshi Kobayashi, \*Astushi Enomoto and \*Satoshi Ohsawa

Atomic Energy Research Institute, Nihon University

7-24-1 Narashinodai, Funahasi, 274 Japan

\*High Energy Accelerator Research Organization, KEK

1-1 Oho, Tsukuba, 305 Japan

ABSTRACT

125MeV electron linac and FEL system in the Funabashi campus of Nihon University is under construction in collaboration with KEK. These system will be completed in this summer, and a first beam operation of the linac will be expected to perform at this early autumn. AERI has progressed composed researches which make use probes of such radiation as electron beams, FEL, undulator radiations and slow positron beams. The experimental technologies by use of multiple probes are spreading out to special researches for structure of substance in a broader area, covering not only molecular physics and nuclear physics, but also chemistry, biology, engineering, medical and agricultural science. This report gives a full detail of the advanced project in AERI of Nihon University.

日本大学電子線利用研究施設の利用計画

1. はじめに

日本大学原子力研究所では、理学、工学、医学分野に関わる学際的な学術研究を推進するために、高エネルギー加速器研究機構、電子技術総合研究所、東北大学核理研、東北大学科学計測研究所、動力炉核燃料開発事業団等と協力し、理工学部船橋校舎に電子線利用施設を建設中である。その主要装置は、電子線形加速器と自由電子レーザー発生装置である。<sup>1)</sup>

電子線利用研究施設では、施設を最大限に活用して、電子線、自由電子レーザー、アンジュレーター放射光、低速陽電子線を発生させ、これらの線源をプローブに、物性から原子核までの広範な新しい学術研究を構築する利用研究計画を立案し、日本大学の理工、文理、医学、薬学、松戸歯学、生物資源科学の各学部を中心に産業界を含む他の研究分野を支援する先端的研究拠点<sup>2)</sup>とすることを試みている。

図1には、電子線利用研究施設の利用計画の全体図を示す。

2. 電子線利用研究施設の現状と今後の進行

大電力クライストロン・モジュレーター、アンジュレーターは平成7年度に製作し、電子線形加速器の据え付け、自由電子レーザーの光共振器の製作は平成8年度にほぼ終了した。同時

に、ビーム輸送系、制御システム、冷却系の整備を行った。平成9年2月、ダミーロードによるクライストロン(PV3030)の長パルスのテスト運転を開始し、20 $\mu$ Sのパルス幅で約15MWの高周波電力出力に成功した。その後、高周波電子銃と加速管を負荷とする大電力テストを行った。同時に、約4MWの高周波電力を供給した高周波電子銃空洞の大電力テストでは所定の性能<sup>3,4)</sup>が得られた。

電子線形加速器と自由電子レーザー発生装置の主要なデバイスは本年8月に完成する。

最初のビーム加速は、100kV直流電子銃を用い、20MWクライストロン2本による90MeVのビーム加速テストを行う。その後、その電子ビームを自由電子レーザー発生装置に輸送し、アンジュレーター放射光の計測、可視光自由電子レーザー発振テストを行う予定である。平成10年2月には、クライストロンの出力電力を20MWから30MWに増強し、125MeVの加速テストを行う予定である。平成10年度には、自由電子レーザーの発振テストは可視光から赤外線と紫外線の領域に拡げ、その実用化を進めていく予定である。低速陽電子源の建設は平成10年度から開始することを目標にしている。

### 3. 電子線利用施設の利用計画

日本大学における電子線利用施設では電子線、自由電子レーザー、アンジュレーター放射光、低速陽電子線の4つの線源利用を柱にした研究計画を進めている。施設の根幹である電子線形加速器の仕様と性能を表1に示す。

表1 電子線形加速器の仕様と性能

ビームエネルギー	1 2 5 MeV
ビーム電流	2 0 0 mA
ビームパルス幅	2 0 $\mu$ S
最大尖頭ビーム電流	2 0 A
バンチビーム幅	3.5 ~ 1 0 p S
エネルギー分散	< 0.5 %
繰り返し数	1 2.5 Hz
最大ビーム電力	6.2 5 kW
加速周波数	2 8 5 6 MHz
加速管 (m × 本)	4 × 3 + 0.3 × 1
高周波電子銃	*レーザー励起
直流電子銃電圧	1 0 0 k V
クライストロン × 2本	3 0 MW
*モードロックレーザーによる熱陰極励起	

#### (1) 電子線利用

電子線形加速器の加速ビーム性能に依存し、表1に示すように、最大エネルギー1 2 5 MeV、最大ビーム電流2 0 0 mA、エネルギー分散0.5 %、ビームパルス幅2 0  $\mu$  S、等の特性を活用した、電子散乱による原子核構造、制動輻射による光核反応における特殊な原子核実験等が対象になる。

#### (2) 自由電子レーザー利用

赤外線から紫外線までの波長領域 (5  $\mu$  m ~ 0.3  $\mu$  m) を利用目的に高性能自由電子レーザー<sup>5)</sup>の開発を進めている。自由電子レーザーの利用研究は、医療用レーザーメス<sup>6)</sup>、医療診断、医学治療<sup>7)</sup>、生体色素反応、殺菌作用、光微細加工処理、同位体分離、光励起化学反応、洗浄効果、光電子分光、光CVD等を対象にしている。自由電子レーザー発生装置の仕様と性能を表2に示す。

表2 自由電子レーザー発生装置の仕様と性能

アンジュレーターの型式	H a l b a c h
アンジュレーターの全長	2,4 0 0 mm
アンジュレーターの周期長	2 4 mm
アンジュレーターの空隙	3 0 ~ 1 3 mm
アンジュレーターの周期数	1 0 0
K値	0.7

光空洞長	6,7 1 8 mm
反射鏡	多層膜
自由電子レーザーの波長	0.3 ~ 5 $\mu$ m
平均出力電力	0.3 ~ 5 W

#### (3) アンジュレーター放射光利用

基本波から第5高調波までを利用目的にしている。この場合、赤外線 (5  $\mu$  m) から真空紫外線 (0.0 6  $\mu$  m) まで利用可能である。

今後、3 ~ 1 5 e V紫外線~真空紫外線によるDNAの2重鎖切断<sup>8)</sup>による放射線生物効果の研究が盛んになるだろうと思われる。このことを考慮し、紫外線から真空紫外線に限定する。又、この波長領域では、表面光化学反応、光励起半導体プロセス、放射線による低温薄膜形成、光励起による原子層エピタキシ・エッジング等の研究に期待がもてる。

#### (4) 低速陽電子源利用

低速陽電子源は自由電子レーザーやアンジュレーター放射光を発生させた後の電子線利用である。陽電子線は、多層の金属箔を電子線で照射して発生させるが、その表面に発生した低速の陽電子線を電極を使って効率良く取り出す。更に、ソレノイド磁場で隣の実験室に輸送する。陽電子ビームは加減速して、表面電子状態測定、格子欠陥評価、ポジトロニウム分光、陽電子顕微鏡、原子・分子分光、超微量物質分析 (特性X線)、固体内電子の運動量分析等の利用研究に利用される。表3には、本施設の低速陽電子源の仕様と性能を示す。現在、低速陽電子源の開発とその利用実験計画を企画中である。

表3 低速陽電子源の仕様と性能

電子の照射エネルギー	1 2 5 MeV
照射ビーム電流	2 0 0 mA
照射ビームのパルス幅	2 0 $\mu$ s
照射ビーム繰り返し数	1 2.5 Hz
照射ビーム電力	6.2 5 kW
陽電子発生標的	多層ホイル
引き出し電圧	1 ~ 4 k V
陽電子数 ( $e^+$ /S)	4 × 1 0 <sup>8</sup>
陽電子エネルギー	1 0 ~ 4 0 0 e V

### 4. まとめ

電子線利用施設では平成9年度前半に電子線形加速器の試運転を終了する。平成9年度後半からアンジュレーター放射光の測定、自由電子レーザーの基礎実験を開始し、加速器のエネルギーを9 0 MeVから1 2 5 MeVに増強をす

る。平成10年度には自由電子レーザーの実用化を進め、部分的に利用研究を開始する。

今後は、電子線、自由電子レーザー、アンジュレーター放射光、低速陽電子線の4つの線源の総合的な活用を企画し、先端的学術研究における、理学、工学、医学に共通する物性から原子核までの広範な分野を横断する基礎研究の集積を支援する。この研究拠点の方式は、研究現場における研究交流や情報交換の密度を上げ、研究内容を質的に高めると同時に、学際的な学術研究の発展を大いに促進するものと確信している。

Reference

- 1) K.Hayakawa et al., Proc.21st Linea Accelerator Meeting in Japan(1996) p30.
- 2) I.Kawakami et al., 平成9年度 COE 申請書
- 3) T.Tanaka et al.,Proc.of this Meeting.
- 4) K.Hayakawa et al., Proc.of this Meeting.
- 5) H.Nakazawa et al., Proc.of this Meeting.
- 6) J.A.Dixon,"Laser in Surgery"Current Problems in Surgery XXI,No9 (Yearbook Medical Publishers,Chicago,1984)
- 7) J.A.Parish and T.F.Deutsch, J.Quant.Electron. QE-20,1386 (1984)
- 8) K.Hieda et al., J.Radiat.Res.,35 (1994) 104.

図1 日本大学電子線利用研究施設の利用計画案

