

研究所紹介

日本大学電子線利用研究施設

日本大学電子線利用研究施設

佐藤 勇

1. はじめに

本研究施設は、125MeV電子線形加速器を高度に活用し、赤外線から紫外線領域の自由電子レーザーと3~30keVの波長可変な単色X線を発生させ、これらの可変波長高輝度単色光源を高度に利用する物質・生命科学の先端的研究を推進し支援することを目的としている。

成り立ちは、1975年に理工、医、歯の3学部プロジェクトとして発足した「 π 中間子による癌治療計画」にあるが、その後幾つかの変遷を経て、1997年に「電子線利用研究施設」に改称され日本大学の「電子線高度利用の共通研究施設」として定着したものである。

電子線高度利用計画は、理工、文理、医、歯、松戸歯、生物資源科学の6学部との協力の下に1993年に実験棟を増築し、高エネルギー物理学研究所(KEK)、電総研、東北大、動燃等の協力を得て進められた。1995年に高エネルギー加速器研究機構(KEK)と共同研究として125MeV電子線形加速器の建設を進め、そして、1998年に電子加速に成功、2000年に光蓄積を確認、2001年に赤外線自由電子レーザー発振に成功した。

又、2000年には私立大学研究高度化の研究拠点に選定され、本研究施設を基盤とする「可変波長高輝度単色光源の高度利用」が文部科学省の学術フロンティア推進事業として5年計画でスタートした。

2. 組織構成と研究設備

本研究施設の実質的なスタッフは、教授2人、助教授1人、専任講師1人、ポスト・ドクター(学術フロンティア支援スタッフ)2人の6名であり、事務処理の事務員(パート)1人と合計7名で構成される。自由電子レーザーの利用実験の開始時期は7月頃と予想している。まず、放射線施設検査に合格した後、直ちに本格的な耐久テストと0.8~5 μ mの波長可変実験を行い、利用実験を開始する。パラメトリックX線の利用実験の開始時期は10月頃と予想している。まずビームラインの変更申請し施設検査に合格後に、本格的な実用化テストを行い、利用実験を開始することになる。定常状態のユーザー時間は、1日に8時間、1週に5日を予定している。本格的な利用研究が始まると、加速器の運転、維持、改善に自由電子レーザーとパラメトリックX線の調整、実験室整備が加わり、現在の陣容で運営することは困難であり、大学本部にスタッフの増員を要求している。



写真1 2001年3月に竣工した新実験棟

学術フロンティア推進事業には学内(理工、文理、工、医、歯、松戸歯、生物資源科学の6学部)から35名と学外(KEK、東京理科大、明海大、ニューヨーク大、徳島大、筑波大、東北大)から7名が研究分担者として参加し、15の研究グループに組織されて

いる。これ以外に、学内は生産工と薬学部、学外は東京大学と北海道大からも実験参加希望が届いている。

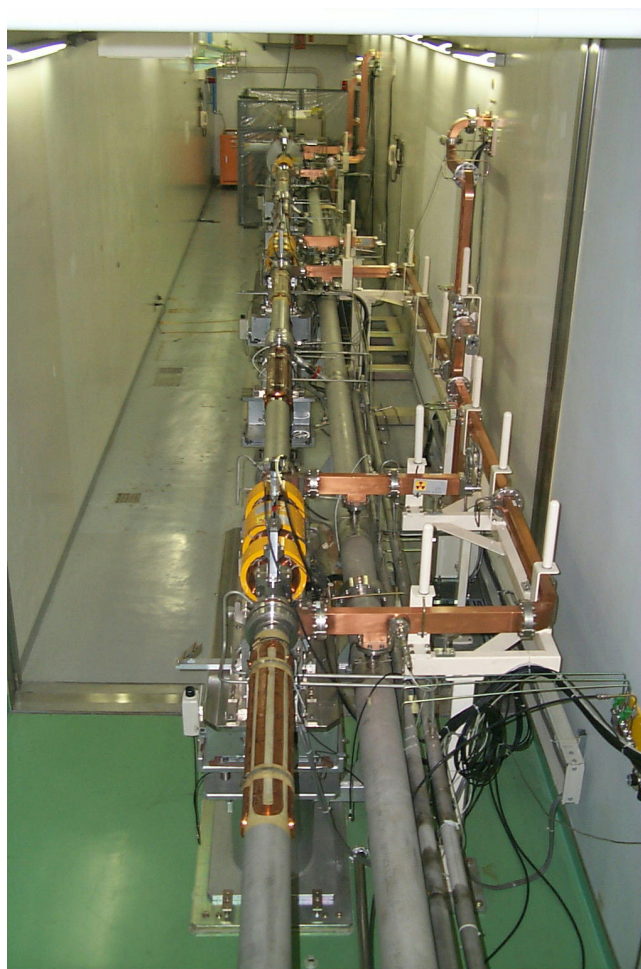


写真2 下流から眺めた125MeV電子線形加速器

本研究施設(鳥瞰図)は鉄筋コンクリート2階建て旧実験棟と新実験棟(写真1)に区分されているが、2回の増築により総床面積が2223m²に拡張された。旧実験棟(920m²)には加速器本体室、モジュレーター室、電源室、空調室、制御室、放射線管理室、実験室、測定室、研究室、電子ビーム加速テスト室、搬入室等が設けられている。新実験棟(1303m²)にはレーザー照射実験室(9室)、資料分析室(5室)、実験準備室(6室)、研究室(7室)、セミナー室、資料室、物品管理室、管理事務室が用意された。レーザー照射実験室と実験準備室は微光測定も可能なように暗室構造であり、又、一部の実験室では有機ガスが取り扱えるように強制排気装置(ドラフター)を完備している。半導体と新素材を開発するレーザー照射実験室はクラス1000とクラス10000のクリーンルームになっている。

研究設備は、一部建設の途上である。旧実験棟には、写真2に示すような電子線形加速器(50~125MeV、0~200mA、1~20 μ s、0.1~12.5Hz、~6.25kW)、写真3(左)に示すような自由電子レーザーシステム(5~0.35 μ m)、写真3(右)に示すようなパラメトリックX線源(3~30KeV、3 $\times$ 10¹¹光子/秒)、写真4に示すような移動式のタンパク質高次自動解析装置、微小部自

動回折装置、355nmドライブレザー等が設置されている。更に旧実験棟から新実験棟のレーザー照射実験室には真空パイプを通して自由電子レーザーを輸送する。各実験室では、レーザー導入装置を動作させることにより、3種類(0%、1%、100%)のレーザー強度を選択でき各実験装置に取り込むことができる。

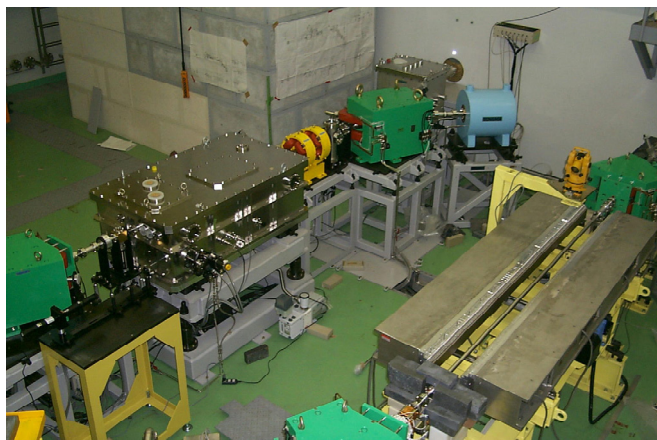


写真3 加速器室に設置されているパラメトリックX線発生装置(左)と自由電子レーザー発生装置(右)



写真4 実験室に建設中の移動式タンパク質高次自動構造解析装置(左)と微小部X線自動回折装置

レーザー照射実験室には、イオン放電槽とダイヤモンドアンビル、イメージ増強型極低迷光高分解能分光装置、時間飛行質量分析装置、フーリエ変換高分解能自動認識分光器、マイクロアレイ解析システム(遺伝子アレイ読みとり用)、写真5に示すような他関節自由腕レーザー導入装置等、又、新実験棟の資料分析室には、拡張型粉末X線回折装置、写真5に示すようなタンパク質自動X線高次解析装置、微小部自動X線回折装置、コールドルーム(タンパク質結晶成長用)、化学洗浄処理装置、バイオベンチ等が既に用意され共同利用実験に使用できる。X線自動解析にはイメージングプレートが用いられている。本研究施設の特徴は、1)自由電子レーザー利用研究では事前に実験準備を、2)パラメトリックX線利用研究ではX線回折装置で事前に予備実験を、本研究施設内で出来ることである。

3. 研究内容

本研究施設は、日本大学の理念と戦略に基づく「未来創造プロジェクト」に沿い、「21世紀における自然科学の必然的な発展」を見据え、全世界的に要請されるテーマで且つ一私立大学でも他の研究機関と協力することによって対応できる「21世紀の先端的な物作り」Super Molecular Factory(超分子工場)に挑戦している。即ち、これは特殊機能を持つ分子クラスターや多機能を持つ巨大分子を可変波長の自由電子レーザーによる光触媒反応

や光酵素反応を用いて創生し、これらの機能や構造を可変波長高輝度単色光(自由電子レーザーやパラメトリックX線)を使って系統的に探究する一大プロジェクトである。

現在、本プロジェクトをその第一段階(phase I)と位置づけて、光源開発、物質科学、生命科学に分類し、多分野から多くの研究提案があり、その中から下記のような研究テーマを取り上げて、開発研究と実用化を推進している。

- (1) 光源開発
 - 1) 奇妙な波長可変コヒーレント光
 - 2) 新機能物質探索用2色同期光の開発
- (2) 物質科学における利用研究
 - 3) 光励起によるスーパーダイヤモンドの合成
 - 4) 半導体素子材料に対する電離照射効果
 - 5) 金属磁性物質の高圧下のXANESの研究
 - 6) 分子クラスターの光誘起相転移
 - 7) 光誘起触媒化学反応の解明
 - 8) 新光機能素材の開発
 - 9) 大気汚染物質の光化学過程の追跡
- (3) 生命科学における利用研究
 - 10) 歯の硬組織に及ぼす光の影響
 - 11) 歯科合金の金属疲労
 - 12) インプラント界面構造と組織の解明
 - 13) 金属タンパク質のNO補足能
 - 14) ヘモグロビンの高次構造解析
 - 15) ヘモニアンの高次構造解析
 - 16) カルシウム結合タンパク質の高次構造解析
 - 17) 組織再生の光効果
 - 18) レーザー波長と歯質切削条件



写真5 多関節自由腕レーザー導入装置

4. むすび

現在、地球上に存在する超分子(生命体を含む)は多水素結合を基盤としている。多水素分子は、個々の水素結合力は弱い、多水素結合でその結合力の弱さを補い、しなやかで丈夫な分子として存在している。又、部分的に結合が切断されても、親水作用を通じて簡単に修復する仮想機能を取得し、このメカニズムは炭素や窒素の元素を媒介し触媒や酵素により複雑な生命体のような超分子に成長している。

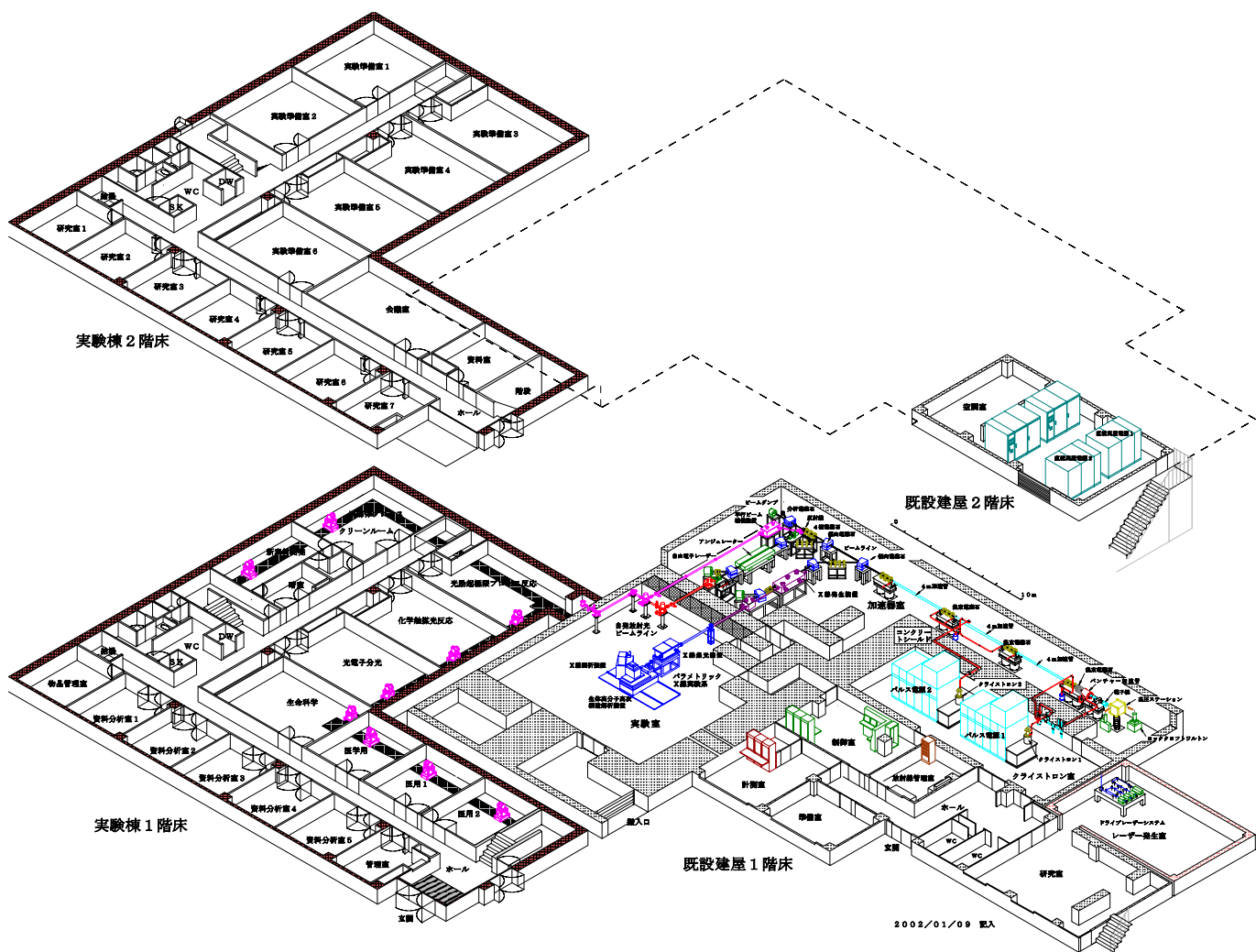


写真6 資料室に設置された予備実験用タンパク質X線自動解析装置

この水素結合エネルギー領域は、太陽が照射する可視光領域とほぼ一致し、特に生物はその恩恵に浴している。しかし、この波長領域では水の光吸収が極端に弱いことが、超分子形成に大きな役割を果たしている。

本研究施設では、上の事実に基づき、プロジェクトの第二段階(phase II)として、水の可視光特性に注目し、可視光自由電子レーザーによる光触媒化学反応や光酵素化学反応を活用して超分子の創生を行い、超分子の新機能の解明を目指している。このためには、本研究施設への多くの研究者のご参加と関連する研究機関のご支援をお願いする次第である。

連絡先: 日本大学量子科学研究所電子線利用研究施設
佐藤 勇
〒247-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1
TEL 047-469-5957 FAX 047-469-5490
e-mail isato@acc.phys.cst.nihon-u.ac.jp



日本大学電子線利用研究施設の全景鳥瞰図