

話題

SCRIT : RI・電子散乱実験装置の建設

若杉 昌徳^{*1}・宮下 裕次^{*2}・戸ヶ崎 衛^{*3}・竹原 広樹^{*4}・堀 利匡^{*2}・原 雅弘^{*2}
市川 進一^{*2}・高橋 弘範^{*3}・玉木 聖一^{*3}・小泉 浩二^{*3}・森屋 誠^{*3}・浦野 恭輔^{*3}
北沢 僚也^{*5}・栗田 和好^{*3}・玉江 忠明^{*5}・須田 利美^{*5}

Construction of SCRIT System for Electron Scattering off Radioactive Nuclei

Masanori WAKASUGI^{*1}, Yuji MIYASHITA^{*2}, Mamoru TOGASAKI^{*3}, Hiroki TAKEHARA^{*4}
Tadatoshi HORI^{*2}, Masahiro HARA^{*2}, Shin-ichi ICHIKAWA^{*2}, Hironori TAKAHASHI^{*3}
Seiichi TAMAKI^{*3}, Koji KOIZUMI^{*3}, Makoto MORIYA^{*3}, Kyosuke URANO^{*3}
Ryoya KITAZAWA^{*5}, Kazuyoshi KURITA^{*3}, Tadaaki TAMAE^{*5} and Toshimi SUDA^{*5}

Abstract

We are now constructing an experimental system for electron scattering of short-lived unstable nuclei using a novel target forming technology SCRIT at the Nishina Center for Accelerator Based Science in RIKEN. In this paper, we present the construction and the commissioning of the electron accelerators, and status of the preparations for the world's first electron scattering experiment for unstable nuclei is reported.

1. はじめに

我々が SCRIT (Self-Confining RI Ion Target) という短寿命不安定核のための新しい電子散乱実験法を考案して以来¹⁾, 本学会誌に記事を投稿するのは今回で3度目となる. 第一幕の第2巻3号では, 原理実証のための R & D 研究を始めたばかりで, ほとんどデータの無いまま SCRIT 原理と実現可能性についての紹介をさせていただいた²⁾. 第二幕の第4巻4号では, 京大化研の KSR を利用した原理実証実験に成功し, SCRIT という仕組みが新しい電子散乱実験法として疑いなく動作することを報告させていただいた³⁾. そして, 実証実験の成功⁴⁾をうけて, 理研仁科加速器研究センターにおいて昨年度より実用機建設が始まった. そこで, 電子加速器, SCRIT 装置および周辺機器の整備状況等, 現状について今回第三幕として紹介させていただくことになった. あたかも SCRIT の歴史をシリーズ物として掲載させていただいており, こうなると次回第四幕では, いよいよクライマックス, 世界初の実験成功を

本誌上で報告させていただきたい. 今回は, 特に目新しい実験データがあるわけではないが, クライマックスに向けて盛り上がりゆく様子が伝えられれば, という思いで筆を進めたい. 我々がこの開発研究に乗り出した経緯やモチベーションおよび SCRIT の原理等は第一, 二幕で詳しく解説したつもりなので, ここで繰返すことはせず, KSR⁵⁾を用いた実証実験で最終的に得られた実験データを紹介して本稿の導入としたい.

本実証実験で課せられた命題は, SCRIT という手法が動作するかという原理的な問題の他に, 『いかに少量の標的核数で十分な統計が得られるような衝突頻度(ルミノシティ)が確保できるか』を検証することであった. 加速器施設等で生成される短寿命不安定核は極僅かな量に過ぎず, そのことが電子散乱という古典的だが強力な核構造研究法を不安定核へ展開させることができなかった最大の理由であった. 図1は実証実験で我々が測定した安定核¹³³Csからの120 MeV電子ビームの弾性散乱角度分布を微分断面積とルミノシティの積で表したもので, 図中点線は DREPHA を用いた

*1 理化学研究所・仁科加速器研究センター Nishina Center for Accelerator-Based Science, RIKEN
(E-mail: wakasugi@riken.jp)

*2 理化学研究所・仁科加速器研究センター Nishina Center for Accelerator-Based Science, RIKEN

*3 立教大学・理学部・物理学科 Department of Physics, Rikkyo University

*4 長岡技術科学大学・工学研究科 Department of Electrical Engineering, Nagaoka University of Technology

*5 東北大学・電子光物理学研究センター Research Center for Electron Photon Science, Tohoku University

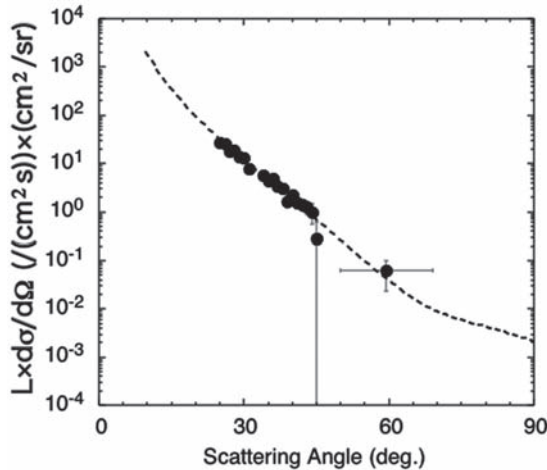


図1 KSRでの実証実験で得られた ^{133}Cs からの弾性散乱微分断面積。標的数 10^6 個、電子ビーム電流75 mA、測定時間6時間の条件で得られた結果であり、このときのルミノシティは $10^{26}/(\text{cm}^2\text{s})$ であった

計算値である^{6,7)}。SCRITが電子散乱実験のための標的として正しく機能していることを示している。このとき標的核としてSCRIT中に閉じ込められた ^{133}Cs イオン数は約 10^6 個、電子ビーム電流は75 mAであり、平均ルミノシティは $10^{26}/(\text{cm}^2\text{s})$ であった。このルミノシティは、我々が当初、弾性散乱から核電荷分布を決定するために必要な量として目標に掲げたものであり、僅か100万個の核で達成できる事を示した。実験結果はさらに、電子ビーム電流の増加と安定性の向上に伴って劇的にルミノシティが向上する可能性も示した。この成功がSCRIT実用機の建設を強力に推進する原動力となった。

2. 実用機建設への展開

実証実験が成功する以前から、我々はいかにして実用機を建設するかについて検討していた。予算的にも、以前検討していたコライダー方式に比べて数十分の一ですむとはいえ、電子加速器など全てを新規建設するとなるとそれなりの大きな予算を必要とするし、設計から完成までにはかなりの時間を要する。したがって我々の念頭にあったのは現役を終えた加速器の再利用であった。国内を見渡してみると、1980年代を中心に建設された、SCRITにちょうど良い比較的小型の電子蓄積リングが幾つもあり、それらがちょうど退役する時期を迎えるか、既にシャットダウンしたまま安置されているといった状況が方々で見受けられていた。2007年4月にKSRにおいてSCRITからの弾性散乱の観測に初めて成功し、同年12月には前節に示した断面積測定に成功し要求ルミノシティを達成した。ちょ

うどこの時を見計らったかのように(株)住友重機械工業から田無工場に所有するAURORA-2S(A2S)⁸⁾をシャットダウンして廃棄するとの話をいただき、間髪入れずに自信をもって手を挙げた。絶妙のタイミングであった。

翌2008年、A2Sとその入射器である150 MeVマイクロトロン⁹⁾および電源等周辺機器一式の無償譲渡契約を結び、同年夏、これらの解体移設作業を行った。筆者らが一ヶ月半住重田無工場に張り付き、住重技術開発センタースタッフの指導を受けながら解体移設業者とともに作業にあたった。この時点では、移設はしてもその後仁科加速器研究センターでこれを再建するための予算的展望は全くなかった。ところが、移設作業が終わった直後、読者もご記憶の9月のリーマンショックをきっかけに襲ってきた株安不況。その対策として、政府はこの年二度の補正予算を編成した。SCRIT電子散乱装置建設は、第二次補正予算の中で認可され、年度末までに完成させよと言い渡されたが、予算が確定したときは既に3月に入っていた。実際は繰り越しを願い出て2009年度の1年間で完成させるべく、直ちに建設に取りかかった。これもまた絶妙のタイミングであった。

3. 加速器の建設

加速器譲渡の話を受けた時点から実験装置全体の設計に取りかかっていたが、突然の予算化によって設計作業の速度は次元の違うところに転移した。このとき設計していたSCRIT実験装置の基本的構造は、図2に示すように加速器を配置し、マイクロトロン(RTM: RaceTrack Microtron)を入射器としてだけではなく不安定核生成用ドライバーとしても利用することで生成したRIを、ISOLを通して電子蓄積リング(SR2: SCRIT-equipped Riken Storage Ring)に挿入したSCRIT装置へ輸送する仕組みである。しかしこの時点で我々に準備できていたものは装置を配置するための空の実験室のみであった。電気、冷却水、遮蔽、クレーン等のインフラから、A2SのSR2への改造、電子ビームやイオンビームの輸送ライン、もちろんSCRIT本体、また装置に関わる電源、制御システム等の設計を一から起こして、15件の発注案件としてまとめた。

年度が明けて2009年5月より現場での実作業がはじまり、RTMとRIイオン源およびISOLを格納する遮蔽室(RTM室)の建築工事を皮切りに、クレーン、冷却水システム、分電盤整備などのインフラの整備に約5ヶ月を要した。この間加速器、イオンビーム系、SCRIT装置等、設置する機器の製作が工場で行われて

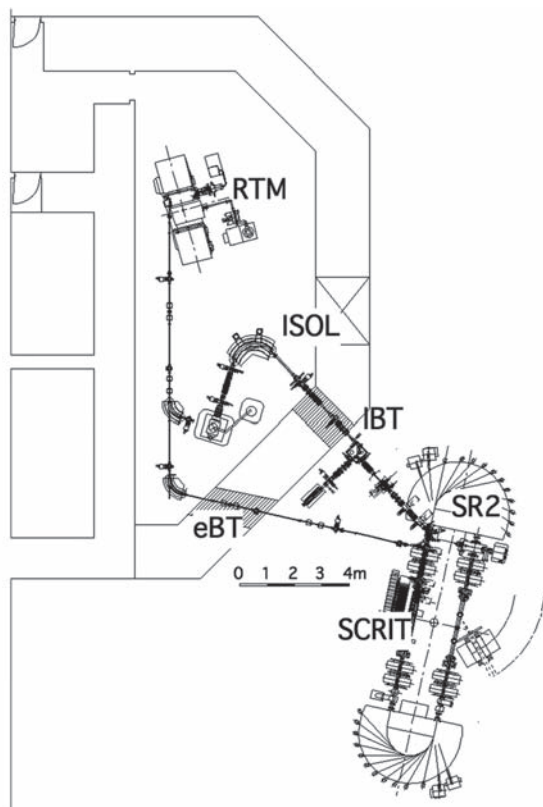


図2 SCRIT 電子散乱実験装置の機器配置. RTMで加速した150 MeV電子ビームは、電子ビーム輸送ライン(eBT)を通してSR2に入射される. またRTMとそれをドライバーとしてRI生成を行うイオン源およびISOLを遮蔽した部屋(RTM室)に格納し、ISOLイオンビームを、イオン輸送ライン(IBT)を通してSR2の直線部に挿入したSCRIT装置へ導入する

おり、9月に精密測量と墨出しを終え10月から機器搬入が始まった。年度内にSR2を可動させるという目標で、複数業者の多種作業同時進行という中で加速器建設を最優先で作業のスケジューリングを行ったが、たびたび起きるトラブルによってかき乱されこともしばしばであった。しかし毎日の業者との打合せでこれらをなんとか調整して来られたし、なによりも致命的なトラブルがなかったことが幸いであった。我々自身も業者に混じって現場での建設作業に加わってきたことで、譲渡された加速器一式の一つ一つの機器に関して構造やカラクリ等を学びながら進めることができた。

精密アライメント後11月末にかけて各配線、配管を急ピッチで進め、特にRTMを先行させていたので11月後半からRTM関連機器の単体試験のフェーズに入った。クライストロンやドライバーアンプに不具合があったが新品ではないので文句も言えず粛々とバグ取り修理を行い、12月中旬に2.8 MW出力を達成し加速準備がほぼ整った。12月8日には文科省からの加速

許可を得ており、同月24日に予定されていた安全管理上のインターロック試験を通過すれば、晴れて電子ビーム加速ができる手はずとなった。

SR2に関しては、構成機器の精密アライメント設置が終了したのが11月後半で、それから小さなトラブルをクリアしながら12月前半には真空引き、リーク試験の段階に漕ぎ着けた。2台の180°偏向磁石のアーク部に収納された、このマシンの主要排気設備である40000 l/sクライオパネルを所定の温度7 Kまで冷却できたのは12月後半になってからであった。平行して配線、配管等の整備、単体試験を順次進め、RFキャビティの調整にやや手間取ったが、年末には4極管から25 kWの出力を得た。本来30 kWを出すシステムであるが、これもまた中古品のためビーム加速蓄積に支障のないレベルということで納得することにした。通電試験、メイン磁場安定度試験等、機器動作に関するチェックはほぼ年内に終了させることができた。年が明けて2010年1月からSR2はベーキングの準備に入り、同月後半からSR2全体と電子ビームライン(eBT)のベーキングを開始、月末に終了した。RFキャビティの枯らし運転の様子を見ながら、コミッショニングの準備を整えていった。

加速器の制御システムは、A2Sの時代にはDOS上のコマンドラインから全ての指示を出す旧式の物であったので、今回Spring-8で開発されたMADCOCA¹⁰を用いたシステムを新規導入することになった。SR2はA2Sを改造したとは言えHiSORと同型のA2D¹¹タイプであり、担当した住重が経験のあるHiSOR制御システムをそのまま移植したものもある。

4. 加速器コミッショニング

12月24日の施設インターロックシステムの試験終了後直ちにRTMを立ち上げ、コミッショニングを開始した。RTMは住重田無工場で運転していたそのままの状態に移設して来ており、機器の不備やバグがなければ必ず動作するはずである。運転パラメータ等も全て周知されていることもあり、初期調整にさほどの時間はかからなかった。立ち上げから約2時間、電子ビームは25ターンのフル加速に成功し、図3(A)に示すマイクロトン内での軌道パターンの輝点列を観測して歓声を上げた。16時3分のことであった。その後取出し電磁石等の調整をして、30分後には図3(B)に示すようにRTMから150 MeV電子ビームをピーク電流0.15 mAで取出すことに成功した。初めて動かす我々にとってはあまりにもあっさりした初加速試験であったが、住重がカタログ商品として開発した加速器だけ

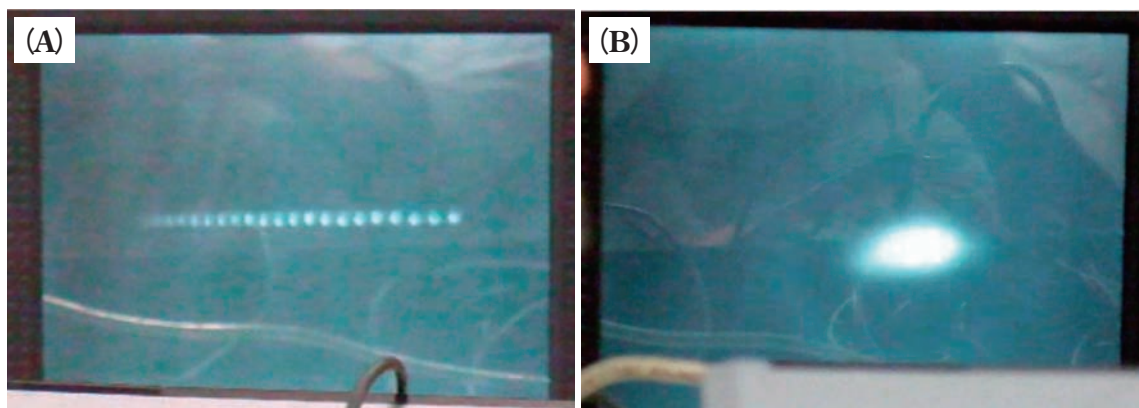


図3 (A) RTM 初加速時の RTM 内部のビーム軌道を示す放射光輝点列と, (B) 取出しビームを観測したスクリーンモニタ映像

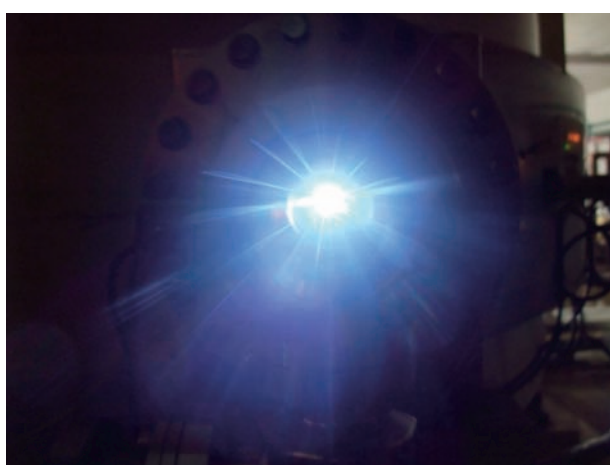


図4 仁科加速器研究センターで最初のシンクロトロン放射光 (2010年2月8日)

に良く洗練されていると、感心させられた瞬間だった。

SR2 コミッシュニングは年が明けた 2010 年 2 月 5 日より開始した。翌 6 日には RTM からの 150 MeV 電子ビームを、約 18 m の入射ビームラインをほぼ 100% の効率で輸送した。リング内の 4 極電磁石について逆極性の結線ミスはあったものの、この日のうちに入射蓄積に成功、また、8 日には 700 MeV のトップエネルギーまで加速して蓄積に成功した。ファーストビーム蓄積電流は僅か 0.16 mA であったが、仁科加速器研究センターに初めてシンクロトロン放射光が光った瞬間であった (図 4 参照)。

その後蓄積電流増加を目指し、リング光学系、インフレクタおよびパーターベータの入射要素、RF 空洞設定条件等のパラメータの最適化作業に移った。最適化作業によってコミッシュニング開始後 2 ヶ月間は僅かずつではあるが蓄積電流が向上して行った。しかしこの頃からタイミング制御機器の故障、ポンプ故障、RF フィードバック回路の発振など多くの部分でトラブ

ルが発生し、はじめから中古品である事にあらためて気づかされながら修理に追われる日々が続く事になった。それでも徐々に蓄積電流は向上し続け、夏には 400 mA を越え、蓄積寿命は 1 AH に達している。

今回の加速器建設作業は、何も無いところからのスタートであって、建築、インフラ整備に約半年、そして加速器は搬入作業を始めてから 4 ヶ月半という短期間で放射光を確認するに至った。筆者等自身も驚く早さでの立ち上げ劇であった。これは数多くの方々からのご尽力をいただいた結果に他ならず、この場を借りて建設作業の陰日向で関わっていただいた全ての方々に深く感謝申し上げたい。

5. SCRIT 装置の製作とインストール

SR2 に挿入する SCRIT 本体およびイオン輸送ビームラインの製作は、加速器の建設に平行して行われた。SCRIT 本体は、化研での R & D 研究から得られたノウハウを取り入れた形で再設計した。リングに挿入する SCRIT 本体部分は、イオンを蓄積する SCRIT 電極構造、イオンビームと電子ビームの重なりを確認するスクレーパー型モニタ、電子ビーム位置を SCRIT 上下流でモニタする 2 台の BPM、およびイオンインフレクタからなる。これらの要素を真空中の共通架台に精密アライメント設置し、SCRIT 装置の構造上の中心軸と電子ビーム軸を微調できるように架台ごと水平垂直 2 軸の可動構造を採用した。図 5 は工場のクリーンルームで組み立てられた SCRIT 装置の写真であり、図 6 (A) は SCRIT 装置の構造の概念図である。SCRIT 装置の上下流に設置した BPM データを用いて装置の軸合わせを行う。イオン源から発生したイオンビームを静電輸送ラインによって SCRIT まで輸送し、垂直上方から SCRIT チェンバー内へ入射する。このとき 73 度デフレクターおよび 17 度インフレクタを用いて電子ビーム



図5 SCRIT 装置内部構造の組立写真. SCRIT 電極, スクレーパー, インフレクタ, および BPM が約 2 m の共通架台にアライメント設置され, その架台が 2 軸に微調できる仕組みとした

軸に乗せる. イオンビーム入射軸と電子ビーム軸の重なりを確認するのが 2 台のスクレーパーモニターである. これは破壊的のモニターではあるが, 同じモニターを用いて電子ビームとイオンビームの両方のビーム位置を検出できるので, KSR での R & D 研究においても威力を発揮した装置である. SCRIT 蓄積用電極構造は 3 極構造であり, 長さ 600 mm の中央の電極と両サイドの 200 mm 長の電極から成る. 中央の電極中にイオンを蓄積し, 両サイドの電極がトラップするためのポテンシャル壁を形成する. イオン入射側のポテンシャル壁を高速スイッチングすることによってイオンを SCRIT 内に入射する. トラップされたイオンは再び同じ電極のスイッチングによって取出され入射とは逆の垂直下方向に曲げられ, アナライザーへと入射される. アナライザーでは, $E \times B$ フィルターを設置し取出されたイオンの質量と価数を分離分析する.

SCRIT 装置は 2009 年暮れに納品され, 加速器コミッショニング中はオフラインでの調整がされていた. 真空試験, 動作試験, 高圧印可試験, BPM 等の校正実験と, 必要な事前データをこのオフライン試験において取得し準備を進めた. 第 4 節で述べたように, 2010 年夏には SR2 の性能もかなり向上して来たと判断し, 9 月に SCRIT 装置のインストール作業に取りかかった. SCRIT 実験への対応という意味においては SR2 の性能は不十分ではあったが, SCRIT 装置を挿入する事によって加速器としての条件も変化する事が予想されるので, インストール後に改めて加速器の調整運転をすべきとの考えであった. 10 月初旬から SCRIT 装置とイオン入射ビームラインのベーキングを行い, 終了後, 電源, 制御, 計測のための配線作業, 単体動作試験等を行い, テスト実験の準備を進めた. テスト実験では,

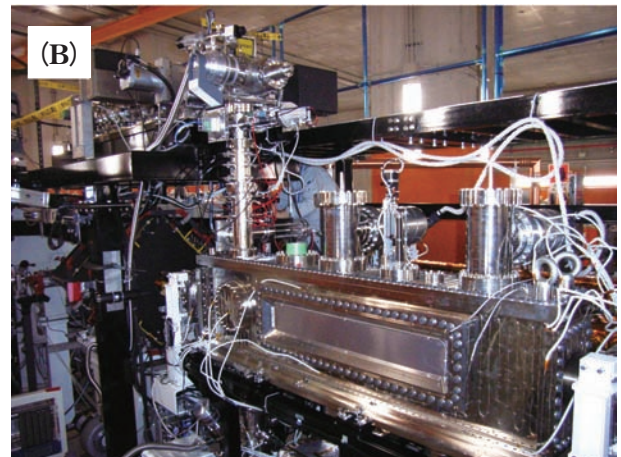
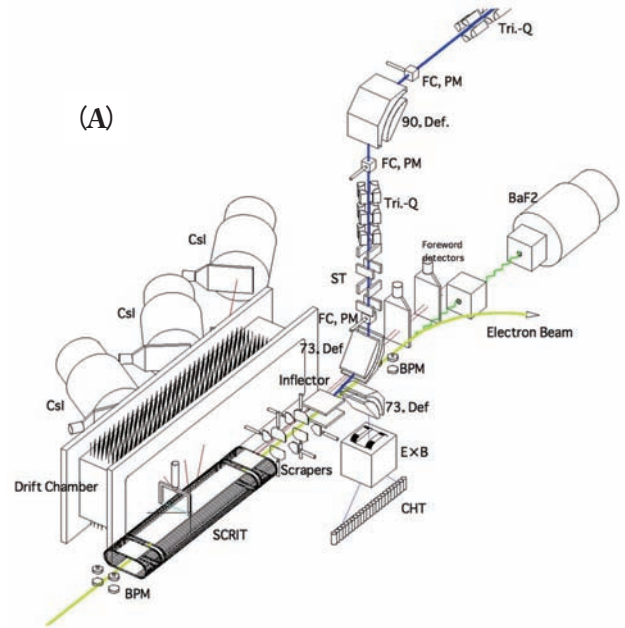


図6 SR2にインストールしたSCRIT装置の概略図(A)とインストール後のSR2直線部(B)

RI ビームの準備がまだ整っていないので, KSR での実証実験同様 ^{133}Cs イオン源を用いて, ここで建設した SCRIT 実用機が正常に機能するか, また KSR ではできなかった大電流電子ビーム蓄積時のシステムの性能を評価する. 到達ルミノシティ, 必要なイオン数, イオン蓄積寿命, 蓄積イオンの状態時間変化, 安定性等, RI へ移行するために必要なすべてのデータを整備する.

SCRIT 装置の準備と同時に, 散乱電子検出器の準備を進めている. 図 6 (A) に示すように散乱電子検出器としては KSR での R & D 実験に用いたものと同様のシステムからスタートする. すなわちドリフトチェンバーによる散乱軌跡および散乱点の決定, そして pure-CsI シンチレータ製カロリメータを用いた全エネルギーの測定による弾性散乱イベントの同定を行う. 散乱する電子は Be 窓を通して KSR プロトタイプと異なる

り水平方向に取り出す設計にしているが、これも R & D 研究の中で学んだことを生かした設計である。カロリメータによるエネルギー分解能では非弾性散乱が無視できない励起状態の低い RI に対応できなくなるので、さらに高分解能測定を目指して、現在磁気分析スペクトロメータを設計中である。これの詳細については別の機会に報告したい。

6. U 光核分裂による RI 製造と ISOL

SCRIT 電子散乱の本格実験のためのもう一つの重要なアイテムは不安定核供給システムである。SCRIT 装置の性質上、低速で高品質の RI ビームが要求される。計画当初から、仁科加速器研究センター RIBF の BigRIPS から供給される高エネルギーの入射核破砕片や飛行核分裂片を用いることは想定していない。SCRIT のアイデアは、もともと「ISOL から供給される低速ビームを用いて電子散乱実験を実現するには」という問いに対する答えとして発生している。実験のために電子加速器を整備した施設が、独自の低速 RI ビーム供給装置を建設することを検討した場合、建設コスト等も考慮した当然の帰結として U の光核分裂標的をイオン源にもつ ISOL という仕組みが考えられた。電子ビームから変換した γ 線を U 標的に照射することによって約 15 MeV 領域にある双極子巨大共鳴を励起して核分裂を誘起する手法である。電子蓄積リングと共に入射器としてのマイクロトロンを整備したことによって、RI 製造のためのドライバーマシンをも獲得したことになる。図 2 に示されているように、RTM と同様遮蔽された部屋にイオン源を設置し、続く ISOL で分離された RI イオンビームが SCRIT 装置へ輸送される。

核分裂を電子ビームで効率的に引き起こすには、巨大共鳴が 15 MeV 領域にあることから、電子ビームエネルギーとしては本来 50 MeV で十分である。我々の RTM は 150 MeV でありややオーバースペックではあるが、特段損失するものでもない。我々の計算では直径 14 mm、奥行き 60 mm の U 炭化物 ($UCx:3.5 \text{ g/cm}^3$) を標的として用いると、標的内で 2.7×10^8 fissions/s/W の核分裂が起きる。RTM のビーム出力パワーは現状では 1~10 W 程度であるが、クライストロン、モジュレータ、ドライバーアンプ、電子銃グリッドパルサー回路等を改造あるいは交換することによって 1 kW を越える出力へアップグレードすることは難しくはない。従って 3×10^{11} fissions/s 以上の核分裂率を得ることは可能であると考えている。SCRIT の Day-One 実験の対象核として ^{132}Sn が念頭にあるが、この場合 ^{132}Sn の生成率は $3 \times 10^9/\text{s}$ 以上が得られると見込まれている。上

でも述べたが、SCRIT 装置では $10^{26}/\text{cm}^2/\text{s}$ のルミノシティを得るのに必要なイオン数は約 10^6 個である。SR2 は KSR の数倍の電子ビーム電流を蓄積できることから、より少ないイオン数で同様のルミノシティが得られると予想されるので、 ^{132}Sn に関しては生成率としては十分と考えている。イオン源についての詳細は本稿趣旨から逸脱するので、別途報告することにした。

イオン源本体は現在工場にて製作中であり、今年度末には納品される予定で進められており、来年度早々に単体の試験調整を始める。イオン源の実際の運用を始める前には、なお必要なインフラを整備しなければならない。ドライバー電子ビームパワーは最大 1 kW と設定しており、このパワーでは標的への照射直後の放射線強度が約 0.5 TBq に達するほか、照射中には $150 \text{ MeV} \cdot 1 \text{ kW}$ を室内で停止させることで発生する放射線 (γ , 中性子等) は標的近傍で数十 Sv/h になる。まず、この強烈な放射線遮蔽の整備が必要不可欠であるし、室内空気の放射化のための排気設備、標的のメンテナンスや脱着のためのロボット制御システム、使用済み標的の冷却格納施設、また核燃料を取り扱うための専用のホットラボ施設等々、現状装備されていないものばかりである。これらの仕様、建設計画を検討しており、イオン源の製作試験と平行して進める必要がある。もちろん段階的に増強してゆく手順を踏むが、この装備を何処まで準備すべきかは、SCRIT の試験実験の結果に依存する。第 1 節でも述べたように、KSR にはなかったような大電流でしかも安定した電子ビームを用いる場合には、より少ないイオン数で高いルミノシティが得られる可能性があるため、もっと小さなドライバーパワーで実験が成立することもあり得る。

7. おわりに、クライマックスへの今後の進展

前述のように、SCRIT 装置を駆動させるための加速器はまだ発展途上ではあるがとにかく完成して動いている。SCRIT 実用機のインストールも終了した。残された最重要課題は低速 RI 生成装置とその関連施設の整備であるが、これらの仕様を決定するのは、近々に開始する予定の SCRIT 装置試験実験である。試験実験はこの冬からスタートし、2010 年度末を目標に、バグ出し、基礎データ収集と性能評価を行う予定である。この原稿を執筆している今現在は何のデータもないのがとても残念であるが、次回が楽しみだとも言える。今後の流れとしては、2010 年度末までに SCRIT 実験装置の評価、2011 年度からは装置の改良、RI イオン源と ISOL の整備および試験、対放射線関連インフラの

設計と続き、2012年度には放射線対策を進めながら RI イオン源の低パワー試験と ISOL および入射イオンビームラインの整備、また RTM パワーアップグレードを進める。早ければ 2012 年度末から 2013 年度にかけて ^{132}Sn ビームを SCRIT に入射蓄積して電子ビームとの衝突を実現させたい。2014 年度には、すでに設計を進めている高分解能スペクトロメータが完成し運用できる状態となる見込みであり、それまでに実験データの信頼性を確保するための、オンラインルミノシティモニター、反跳核検出によるイオン分布モニター、電子ビームエネルギー測定器等の計測システムの整備も行う予定である。

仁科加速器研究センターは、サイクロトロンによる重イオン加速を伝統的に継承発展させてきた。RI 生成においてもその加速器と分離器の能力向上に日夜努力を重ね、世界最高性能の高エネルギー RI ビームを実験者に供給してきている。しかし今電子加速器が加わり、さらに低速 RI ビーム生成施設を建設しようとしている。これによって RIBF として新たなアイテムを獲得することになる。仁科加速器研究センターとしては初めて扱う機器であるが、RIBF の今後の発展のための一手となる技術が育つことが期待される。GSI の FAIR 計画において ELISe プロジェクトが先発メンバーから外されたことによって、不安定核の電子散乱実験は当面この SCRIT でしかできなくなった。このことは、SCRIT が新しい原子核構造研究フロンティアの先鞭を付けることになる、ということであるが、一方で、短寿命不安定核構造の精密研究のための強力な道具とな

る電子散乱実験の機会と、その実験データを世界の研究者に提供する責任もまた大きくなった、ということでもある。

ともかく 2010 年 SCRIT プロジェクトはクライマックスに向けて始動した。しかし完成までにはまだ多くの困難が待ち受けているはずであり、それを地道に一つ一つクリアして行く事もまた楽しみである。そうしてより信頼性の高い装置として世に出し、近い将来第四幕として報告できることを楽しみにしている。

参考文献

- 1) M.Wakasugi, T.Suda, and Y.Yano, Nucl. Instrum. Methods A532, 216 (2004) .
- 2) 若杉昌徳, 他, 日本加速器学会誌 2 巻 3 号, p337 (2005).
- 3) 若杉昌徳, 他, 日本加速器学会誌 4 巻 4 号, p288 (2007).
- 4) M.Wakasugi et al., Phys. Rev. Lett. 100, 164801 (2008).
- 5) A.Noda et al., Proceedings of the 5th EPAC (Institute of Physics, Bristol, 1996) p.451.
- 6) T. Suda et al., Phys. Rev. Lett. 102, 102501 (2009).
- 7) M.Wakasugi et al., Eur. Phys. J. A42, 453 (2009).
- 8) H.Miyade et al., Proceedings of EPAC98 (Stockholm, 1998) p.2413.
- 9) T.Hori et al., Proceedings of PAC91 (San Francisco, 1991) p.2877.
- 10) 田中良太郎, 他, 日本加速器学会誌 2 巻 2 号, p162 (2005).
- 11) T.Takayama et al., Proceedings of EPAC96 (Barcelona, 1996) p.709.