

平成20年度量子ビーム基盤技術開発プログラム
「多様なイオンによる高精度自在な照射技術の開発」

成果報告書

平成21年5月

独立行政法人 日本原子力研究開発機構

本報告書は、文部科学省の量子ビーム基盤技術開発プログラムによる委託業務として、独立行政法人日本原子力研究開発機構が実施した平成20年度「多様なイオンによる高精度自在な照射技術の開発」の成果を取りまとめたものです。

成 果 報 告 書

1. 委託業務の内容

1. 1 委託業務の題目

「多様なイオンによる高精度自在な照射技術の開発」

1. 2 実施機関

住 所 茨城県那珂郡東海村白方字白根 2 番地の 4

機関名 独立行政法人日本原子力研究開発機構

1. 3 委託業務の目的

独立行政法人日本原子力研究開発機構が保有するイオン照射研究施設 (TIARA) の AVF サイクロトロン的高度化により、ビーム条件の切換え時間の大幅短縮を実現する。具体的には、高精度磁場測定技術の開発、磁場高度安定化技術の開発、位相プローブの高度化、等時性磁場自動形成技術の開発、M/Q 分解能向上技術の開発を順次進める。これにより、ビーム切換え時間を従来の 1/3 に当たる約 40 分で行えるようにする。さらに、これらのビームを用いるシングリイオンヒット等先進的イオンビーム技術の更なる高度化を行い、数百 MeV 以上の高エネルギーイオンの照射タイミング、水平方向照射位置及び深さを自在に変更可能な高精度イオンビーム制御技術を開発する。具体的には、2 次元的高精度高速ビーム照準技術の開発、シングリイオンヒット実時間計測・制御技術の開発、カクテルイオンマイクロビーム照射技術の開発を順次進める。これにより、イオンビームマイクロ・ナノ加工を始めとする利用研究を加速し、斬新なものの作り技術革新に繋げる。

このため、独立行政法人日本原子力研究開発機構、国立大学法人大阪大学、独立行政法人宇宙航空研究開発機構、独立行政法人放射線医学総合研究所と共同で業務を行う。さらに、新イオンビーム育種技術に関する研究開発については、連携相手を検討する。

独立行政法人日本原子力研究開発機構は、幹事機関として他の技術開発及び利用研究の参画機関との連携を図りながら、サイクロトロンの高度化と、シングリイオンヒット技術の高度化を実現する。

2. 平成20年度の実施内容

2. 1 実施計画

① サイクロトロンビーム条件切換の短時間化

高精度磁場計測技術の開発：0.5T～1.6Tの磁場を 1×10^{-6} の精度で測定できる広帯域のNMR（核磁気共鳴）プローブを開発する。完成したプローブをサイクロトロン内に設置し、加速電圧を発生させない状態で目標の帯域と精度が得られる条件を見出す。

② シングルイオンヒット技術の高度化

2次元高精度高速ビーム照準技術の高度化：予め設定した試料上照準点の実座標と、マイクロビームの2次元走査座標を正確に対応付けするためのソフトウェアプロトコルを確立し、実験によって確認する。

③ プロジェクトの総合的推進

事業の総合的推進としては、技術開発および利用研究、具体的には「半導体耐放射線性評価技術に関する研究開発」、「イオンビームナノ加工に関する技術開発」および「マイクロビーム生物効果解析に関する研究開発」における連携を推進するとともに、本年度における参画機関の研究責任者、将来的に参画予定の研究機関からのオブザーバおよび幹事機関側の研究者によって構成する研究推進協議会（仮称）を主宰して、技術開発および利用研究の方針の検討、進捗状況の確認等を行うことで、本研究開発計画全体の円滑な推進を図る。

2. 2 実施内容

① サイクロトロンビーム条件切換の短時間化

高精度磁場計測技術の開発：0.5T～1.6Tの磁場を 1×10^{-6} の精度で測定できる広帯域のNMR（核磁気共鳴）プローブを開発するとともに、マニピュレータを設計・製作した。設置したマニピュレータを図1に示す。マニピュレータの駆動部はサイクロトロン外にあり（図1-1）、X, Y, Zの各方向に駆動させることで、先端に取付けられたプローブを動かす（図1-2）。加速電圧を発生させない状態で0.5T～1.6Tのサイクロトロンの主磁場を発生させ、マニピュレータを用いてサイクロトロン内でのプローブの最適位置を探索した。その結果、同磁場強度帯域において目標の精度で測定できるプローブ信号を確認した（図2）。この成果を基に、共同開発者である大阪大学核物理研究センタ

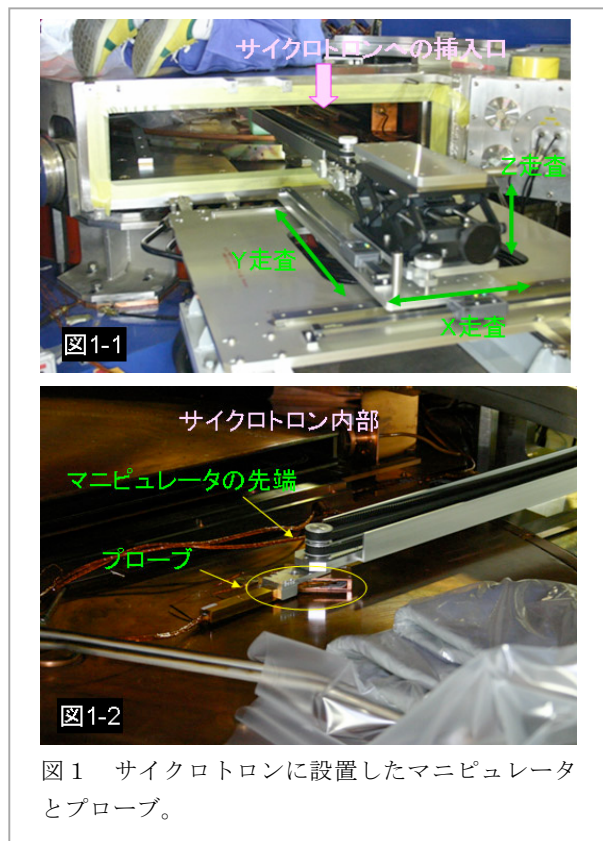
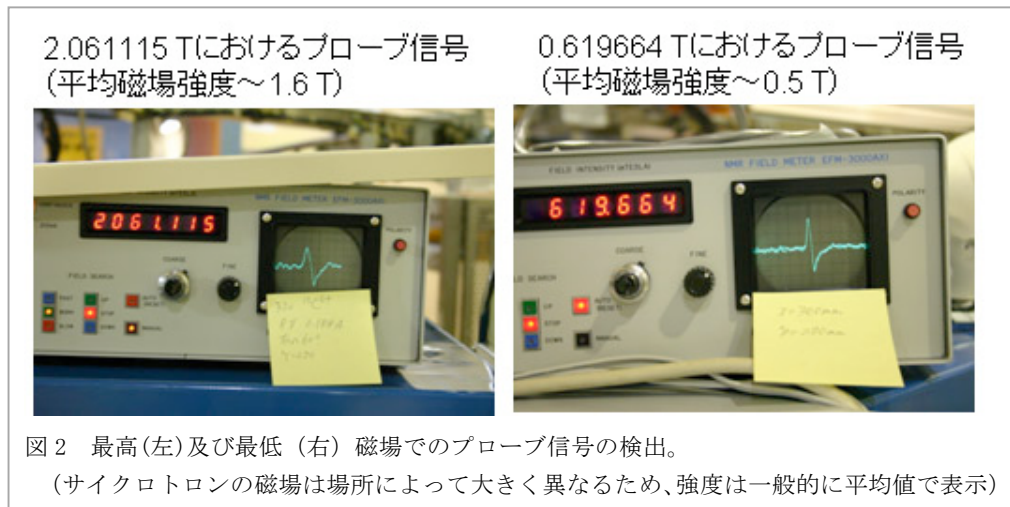


図1 サイクロトロンに設置したマニピュレータとプローブ。

ーと迅速な磁場形成に対応した制御系の検討と次年度以降の具体的な開発内容の検討を行った。



②シングルイオンヒット技術の高度化

2次元高精度高速ビーム照準技術の高度化：予め設定した試料上照準点に、マイクロビーム2次元走査座標を正確に対応付けするための自動シングルイオンヒット制御・計測システムを構築し、実験によってその動作を確認した。

③プロジェクトの総合的推進

中核機関5名及び共同研究機関2名の委員、オブザーバー(次年度以降に参加予定の2機関を含む)、事務局5名からなる「多様なイオンによる高精度自在な照射技術の開発」研究推進協議会を設置した。平成20年11月10日に第1回会合を高崎量子応用研究所で開催し、中核機関から①及び②について、本年度の共同研究機関である大阪大学から2件の研究計画について説明があり、これに基づいて全体的な事業展開と方向性を議論した。また、①及び②に関する予算執行とその管理、技術開発の統括を行った。

2. 3 研究推進活動

1) 「第1回多様なイオンによる高精度自在な照射技術の開発研究推進協議会」

日時：平成20年11月10日（月） 16：00～17：30

場所：日本原子力研究開発機構高崎量子応用研究所

イオン照射研究施設討論室

議題：今後の事業展開と方向性について

2. 4 実施体制

1) 研究担当者

別表1の通り

2) 経理担当者

役職・氏名 財務部長 荻野 伸明

産学連携推進部研究協力課 主査 鈴木和也

E-メールアドレス：suzuki.kazuya73@jaea.go.jp

TEL：029-282-6917 FAX：029-282-6808

別表1 平成20年度に於ける実施体制

研究項目	担当機関等	研究担当者
1. サイクロترونビーム条件切替の短時間化	放射線高度利用施設部イオン加速器管理課 放射線高度利用施設部ビーム技術開発課 放射線高度利用施設部イオン加速器管理課 放射線高度利用施設部ビーム技術開発課 放射線高度利用施設部ビーム技術開発課 放射線高度利用施設部ビーム技術開発課 放射線高度利用施設部イオン加速器管理課 放射線高度利用施設部イオン加速器管理課 放射線高度利用施設部イオン加速器管理課 放射線高度利用施設部イオン加速器管理課 放射線高度利用施設部イオン加速器管理課	○横田渉 実施担当者Ⅰ-A 実施担当者Ⅰ-B 実施担当者Ⅰ-C 実施担当者Ⅰ-D 実施担当者Ⅰ-E 実施担当者Ⅰ-F 実施担当者Ⅰ-G 実施担当者Ⅰ-H 実施担当者Ⅰ-I 実施担当者Ⅰ-J
2. シングルイオンヒット技術の高度化	放射線高度利用施設部ビーム技術開発課 放射線高度利用施設部ビーム技術開発課	◎○神谷富裕 実施担当者Ⅱ
3. プロジェクトの総合的推進 (1)利用研究	放射線高度利用施設部ビーム技術開発課	◎○神谷富裕
①「半導体耐放射線性評価技術に関する研究開発」の連携推進	量子ビーム応用研究部門半導体・高分子材料耐放射線性評価研究グループ 量子ビーム応用研究部門半導体・高分子材料耐放射線性評価研究グループ	大島武 実施担当者Ⅲ
②「イオンビームナノ加工に関する技術開発」の連携推進	量子ビーム応用研究部門物質選択性セラミック材料研究グループ 量子ビーム応用研究部門物質選択性セラミック材料研究グループ	吉川正人 実施担当者Ⅳ
③「マイクロビーム生物効果解析に関する研究開発」の連携推進	量子ビーム応用研究部門マイクロビーム細胞照射研究グループ 量子ビーム応用研究部門マイクロビーム細胞照射研究グループ	小林泰彦 実施担当者Ⅴ
(2)研究推進協議会		
①事務局	放射線高度利用施設部業務課 放射線高度利用施設部業務課 量子ビーム応用研究部門研究推進室 量子ビーム応用研究部門研究推進室	河田靖 実施担当者Ⅵ-A 実施担当者Ⅵ-B 実施担当者Ⅵ-C
②オブザーバー	独立行政法人宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部部品・材料・機構技術グループ 独立行政法人放射線医学総合研究所重粒子医科学センター	オブザーバーA オブザーバーB

注1. ◎:課題代表者、○:サブテーマ代表者

注2. 注2. 本業務に携わっている方は、全て記入。