

平成 30 年度 TIA 連携プログラム探索推進事業「かけはし」

調査研究報告書

【研究題目】 ゲノム改変・極端非平衡材料創製のための準相対論的巨大クラスター照射センターの調査研究

【整理番号】 TK18-018

【代表機関】 高エネルギー加速器研究機構

【調査研究代表者（氏名、連絡先 TEL & Mail）】

高山 健、029-864-5290, takayama@post.kek.jp

【TIA 内連携機関：連携機関代表者】

産総研	岩田康嗣
物質・材料研究機構	雨倉 宏
筑波大	鈴木石根

【TIA 外連携機関】

東京工業大学	長谷川 純
長岡技術科学大学	菊池崇志

【報告書作成者】 【報告書作成年月日】

高山 健 平成 30 年 3 月 25 日

【連携推進（具体的な連携推進活動内容とその活動の効果等）】

■ ワークショップ・シンポジウム開催

1. H30 年度 TIA「かけはし」合同 meeting

時： 2018 年 9 月 5 日

場所： KEK

主催： TIA「かけはし」KEK チーム

参加者：国内 10 名

KEK（7）、産総研（1）、物材機構（1）、筑波大（1）

KEK-DA の準備状況説明と、改造案、今後のスケジュールの打ち合わせ

2. 巨大クラスターイオン加速器と応用に関する研究会

時： 2018 年 12 月 18 日

場所： KEK

主催： TIA「かけはし」KEK チーム

参加者：国内 10 名

KEK、東工大、BNL、長岡科学技術大学

KEK に於ける巨大クラスター加速器の準備状況の説明と、応用展開を視野に入れた大型計画についての議論を行った。

3. 巨大クラスターイオン利用のための国内シンポジウムの開催

第一回 重・クラスターイオンビーム利用による微生物由来高生産性、エネルギー、環境シンポジウム

時： 2019 年 1 月 29 日

場所： 筑波大春日キャンパス 情報メディアユニオン

主催： TIA「かけはし」事業

共催：三菱 UFJ 環境財団寄付講座（筑波大学生命環境学群生物学類）

参加者：国内 60 名

突然変異による有用な遺伝子改変技術が、大型加速器で生成される重イオンビームを利用して、穀物や観葉植物を始めとする品質改良を進歩させてきたが、本シンポジウムでは微生物の重イオンビーム遺伝子改変、有用植物の重イオンビーム育種、重イオンに比べ遺伝子改変の効率が格段に向上するクラスターイオンとその加速器等にスポットを当て、学術・産業技術の最前線でこれらの課題に取り組んでいる研究者による講演と、これらの課題に高い関心を持つ産業界からの参加者との間での議論を行った。産業化を視野に入れた今後の研究の方向性について大きな指針を得ることができた。

4. 巨大クラスターイオン源、加速器、その応用に関するシンポジウム

時：2019年3月23日

場所：長岡まちなかキャンパス

主催：長岡技術科学大学

共催：TIA「かけはし」KEK チーム

参加者：国内 22 名（KEK 5 名、東工大 2 名、QST-高崎応用量子ビーム研究所 1 名、QST-関西研 1 名、金沢大 2 名、長岡技科大 10 名）

巨大クラスターイオン源の開発の現状と巨大クラスターイオンドライバーとして期待されている KEK デジタル加速器の次の世代として期待されている誘導加速マイクロトロンの開発の状況が報告された。それを入射器とした、より大規模の双方向・多重構成誘導加速シンクロトロンと全体システムについての設計報告もなされた。今後取り組むべき課題が明らかにされた。一方、巨大クラスターイオンの加速器の振る舞いをシミュレートする大学研究室レベルでも実施可能な実験装置、実験成果が報告され、実験結果の解釈について突っ込んだ議論がなされた。

【調査研究内容（実験等中心に背景・課題と実行された課題解決の内容と結果）】

■ 研究活動

KEK： 近未来巨大クラスターイオンの加速器と位置付けられている KEK デジタル加速器の原子力規制庁による施設検査を当面炭素イオンによって受け、合格した。懸案の大幅な真空改造は予算化が不調に終わったため、まだ十分な進捗はない。代わって、今年度の予算ではクラスター加速のための誘導加速システムの改造に必要な SiC-MOSFET 搭載のスイッチング電源の開発に注力した。3.3 kV SiC-MOSFET の基本操作特性を把握した後、フルブリッジ回路の試作を行い、本番に繋がる成果を得た。一方、これまで不明であった KEK-DA 加速器に於けるクラスターイオンビームの空間電荷効果が許す最大ビーム電流を理論的に決める手法が確立した。その結果 10 価の C-60 ビームの最大電流は 30 μ A であることが判った。

産総研・筑波大連携チーム： 巨大クラスターイオンの前哨戦として量研機構・高崎量子応用研の TIARA サイクロトロンからの重イオンをアルケノン産生ハプト藻類 *Tisochrysis lutea* に照射し、アルケノン産生能力を大幅に高めた突然変異種の作出実験を実施中。可能性のある変異種が最近見いだされている。また、新規変異導入手法として 15N 核共鳴反応を用いた変異導入法の開発を行っている。15N で標識した DNA に産総研のファンデグラーフ型加速装置により 1H のビームを照射し、15N 核共鳴反応に特徴的な γ 線を検出できた。照射した DNA の損傷の程度を定量的に示し、生物照射に展開することを目指している。15N で標識したタンパク質や核酸を標的生物のゲノムに特異的に配置し 1H ビームを照射することにより、特定の配列の近傍に変異を導入する技術を目指している。

産総研・東工大： 電子衝撃法による価数 3-4 の C-60 イオン源の開発を継続していたが、最大 4 μ A のクラスターイオンビームを生成した。ビーム強度的には生物応用には十分な大きさである。一方、レーザーを使った Al クラスター生成装置の実証を行った。Al-14 クラスターの成功は確認したが、イオン価数の測定は今後実施される。

■ 研究発表

国際重イオン慣性核融合シンポジウム (HIF2018) in Daejeon, Korea, 19-23 August 2018

1. Taufik, T.Adachi, M.Wake, and K.Takayama, “Study of an Injector (Induction Microtron) for Giant Cluster Ion Inertial Fusion (G-CLIF) Driver”
2. K.Takayama, “Study on the Main Driver for the Giant Cluster Ion Inertial Fusion (G-CLIF)”

2018 年加速器学会

1. Taufik, T.Adachi, T.Okamura, M.Wake, and K.Takayama, “INDUCTION MICROTRON WITH 90 OR 180 DEGREES BENDING MAGNETS FOR GIANT CLUSTER ION”
2. 岡村勝也 他、「3kV 級 SiC-MOSFET を使用したパルスパワー電源の開発」

EAPPC and BEAMS 2018 in Changsha, China, 17-21 September 2018

K.Takayama, “Pulse Power Technology and Advanced Accelerators”

2018 年度核融合科学研究所パルスパワー研究会

1. 海東達也、岡村勝也「13 kV SiC-MOSFET を用いた高電圧スイッチの研究」
2. Yi Liu、岡村勝也「3.3 kV SiC-MOSFET を用いた小型パルス電源の研究」
- 3.

Asian Forum for Accelerators and Detectors 2019 in Delhi, India, 14-15 February 2019

K.Takayama, “Circular Acceleration of Giant Cluster Ions”

■ TIA シンポジウム発表

2018 年 7 月 4 日 第 2 回 TIA かけはし成果報告会

2018 年 10 月 9 日 第 10 回 TIA シンポジウム ポスター

【今後の活動予定】

研究活動

KEK・産総研・東工大・長岡技術科学大:

- KEK デジタル加速器の更なる真空改良が巨大クラスターイオン用ドライバーとしては不可欠であるので、残り 2 か所の直線部の真空容器を入れ替え。試験的に重イオンでの加速実験を試みる。開発中の次世代スイッチング電源で加速セルを駆動する。東工大で開発中の巨大クラスターイオン源の更なる高価数の C-60 イオンの実現を試みる。KEK-DA とのドッキングを 2 年後に期待している。一方、産総研製作の Si クラスター薄膜から直接 Si クラスターイオンを得るレーザーアブレーションイオン源の手法を長岡技科大で試みる。

産総研・筑波大・量研機構・高崎量子応用研:

- 引き続き、藻類と次世代半導体材料への巨大クラスターイオン照射に先立つ重イオン照射実験を TIARA サイクロトロン施設で実施する。
- 一方、低エネルギー巨大クラスターイオンの生物照射効果、新たな生体遺伝子変異導入方法の開発として 15N 共鳴核反応法などの基礎データ取得を TIARA 静電加速器、産総研静電加速器で行う。

物材機構

- 引き続き、準相対論的巨大大クラスターイオン照射に先立ち、低エネルギー巨大クラスターイオン照射による極端非平衡材料の創製の基礎実験を TIARA 静電加速器で実施する。

KEK・東工大・仏 IPN-Orsay: 高電価数巨大クラスターイオン源の開発についての現状報告会を 6 月に IPN-Orsay で開催を予定。東工大の電子衝撃法イオン源とフランスの ECR 方式の優劣について議論し、方向を決める。

予算獲得

TIA さきがけ連携チームと東工大チームが現在科研費・基盤研究Sに応募中であり、ヒアリング採択を待っている。今後、科研費・新学術領域研究への応募と文科省主導の「新未来技術」研究テーマ採用への働き掛けを実施する。

以上