

【リリース日時】

平成 24 年 5 月 29 日 14 時

【本件リリース先】(資料配布)

文部科学記者会、科学記者会、筑波研究学園都市記者会、  
経済産業記者会、茨城県政記者クラブ、京都府政記者室、学研都市記者クラブ、  
大阪科学・大学記者クラブ、広島大学関係報道機関、大学記者会



広島大学



早稲田大学  
WASEDA University



2012 年 5 月 29 日

報道関係者各位

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構  
国立大学法人東京大学  
独立行政法人日本原子力研究開発機構  
国立大学法人広島大学  
学校法人早稲田大学  
株式会社日立ハイテクノロジーズ

## 大強度電子ビームの超伝導加速を実現

### —高輝度 X 線の発生と医療診断応用等に道を拓く—

#### 本研究成果のポイント

- 日本初の高電界超伝導電子線形加速により、大強度ビームの加速に成功し、世界最大数の 12000 バンチ\*<sup>1</sup>を達成。電子ビーム強度を従来に比べ 100 倍程度大きくすることが可能に。
- 高電界超伝導加速空洞に基づく電子線形加速器として実験室規模で安定運転を行った日本初の事例。
- 今後、電子ビームの一層の大電流化と安定化を図ることで、大強度パルスレーザービームとの衝突による高輝度 X 線ビームの生成実現に大きく前進。高度医療診断やナノ構造解析等への利用に道を拓く。

#### 【概要】

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構（機構長 鈴木厚人）、国立大学法人東京大学（総長 濱田純一）、独立行政法人日本原子力研究開発機構（理事長 鈴木篤之）、国立大学法人広島大学、（学長 浅原利正）、学校法人早稲田大学（総長 鎌田薫）、及び株式会社日立ハイテクノロジーズ（執行役社長 久田眞佐男）は、このたび、最先端の光高

周波電子銃<sup>※2</sup>と超伝導加速空洞を用いた電子線形加速器<sup>※3</sup>（下図）により、20 MV/m 以上の高電界による大強度電子ビームの加速に成功しました。今回、日本初の高電界超伝導電子線形加速を実現したことにより、従来は 50 m×50 m 程度だった高輝度光子（X線）ビーム源を 10 m×6 m 程度まで小型化することが可能となり、将来的には病院等に設置して、高度医療診断等への利用に道を拓くものと期待されます。

本成果は、電子ビームとレーザーパルスとの衝突による高輝度X線の発生とその応用を目指す文部科学省の委託研究「超伝導加速による次世代小型高輝度光子ビーム源の開発」<sup>※4</sup>により得られたものです。

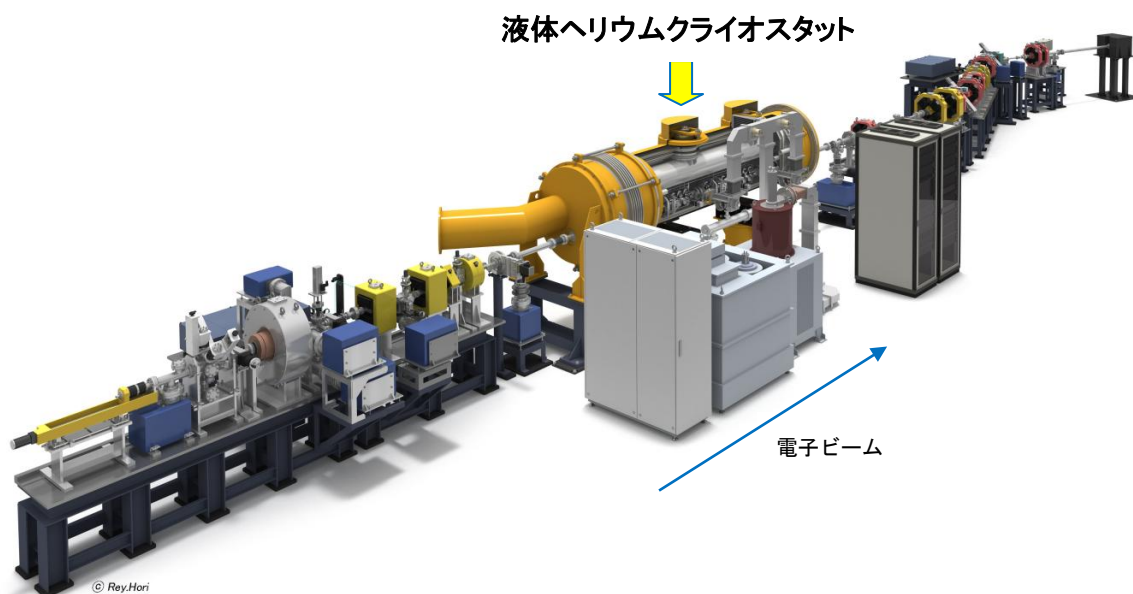


図 次世代小型高輝度光子ビーム源試験装置。1.3 GHz 光高周波電子銃、2台の1 m 長の9セル超伝導加速空洞（矢印のクライオスタット中）、電子ビームを10 μmまで絞り込んでレーザーパルスと衝突させる収束系、及びビームダンプから成る超伝導線形加速器。

## 【背景】

健康で安心な暮らしを支える医療診断技術や地球環境を守る低環境負荷技術はますますその必要性を増しています。これらの技術開発には放射光施設と呼ばれる大型の高輝度X線発生装置を中心とした分析・観察装置群が必要不可欠ですが、一方で、より身近で実用的な小型の高輝度X線発生装置が求められています。このようなニーズに応えるために、本研究では大型の高輝度X線発生装置とは全く異なる逆コンプトン散乱<sup>※5</sup>原理を用いた技術、すなわち電子ビームとパルスレーザービームを衝突させて高輝度X線を発生させる技術を開発してきました。この技術開発において、高輝度X線を得るためには大強度・超低エミッタンス電子ビームを50 MeV程度まで加速することが必要でした。

## 【研究内容と成果】

今回、大強度超低エミッタンス電子ビームを発生させる光高周波電子銃と、その加速に必須の超伝導加速空洞を試作し、大強度電子ビームの加速に成功しました。2台の9セル超伝導加速空洞を、加速モジュールと呼ばれる2Kの極低温に冷却可能な横置き液体ヘリウムクライオスタット（冷凍用断熱真空容器）中に配置し、各加速空洞において40 MV/m及び33 MV/mの高電界印加を確認しました。その後、実際に光高周波電子銃から電子ビームを入射して加速を行い、電子エネルギー40 MeV、1パルス中に12000バンチ（目標は165000バンチ）、1バンチ中の電荷は41 pC、パルス繰返しは5 Hzを達成しました。この性能は、これまでのパルス当りの最大値2400バンチを超え、世界最大数となるものです。これにより、加速された電子ビーム強度は従来と比較して100倍程度大きくすることが可能となりました。これは、高電界超伝導加速空洞に基づく電子線形加速器として、実験室規模で安定運転を行った日本初の事例です。

## 【本研究成果の意義、今後の展望】

今後、電子ビームの一層の大電流化と安定化を図り、別途開発中の大強度パルスレーザービームとの衝突による高輝度X線ビーム（発光点寸法は約10マイクロメートル）の生成を実現します。これにより、がんや微小動脈硬化の初期判断などの高度医療診断の普及に貢献するほか、環境触媒や電池材料のナノ構造解析等への利用を画期的に飛躍させることが期待されます。

## 【用語説明】

### ※1：バンチ

マイクロ波電力を使った加速器では、多くの場合、ビーム粒子を「バンチ」と呼ばれるかたまりの形で加速する。

一度にたくさんのバンチを加速できれば、全体として、大きな電荷量のビームを同時に加速できることになり、加速器の性能の向上につながる。

## ※2：光高周波電子銃

高周波加速空洞の高加速電界発生部に光カソードを取り付けた1.6セルから3.6セルの高周波電子源で、10 psec程度の真空紫外レーザーパルスによって光電子バンチを光陰極上に生成すると同時に電子銃空洞内で相対論的なエネルギーまで加速できる。

## ※3：超伝導高周波線形加速器

超伝導材を用いた加速空洞を持つ高周波線形加速器。超伝導状態では空洞における電力損失が小さくなり、比較的小さな入力マイクロ波電力で、空洞内に強い高周波電場を維持したまま定常運転が可能で、加速ビームの平均出力を大きくできる。

## ※4：超伝導加速による次世代小型高輝度光子ビーム源の開発

文部科学省が公募した平成20年度「光・量子科学研究拠点に向けた基盤技術開発」の「量子ビーム基盤技術開発プログラム」として採択された、オールジャパン体制で挑む研究開発プロジェクト。

幹事機関：大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構加速器研究施設 教授 浦川順治（うらかわ じゅんじ）

参加機関：国立大学法人東京大学大学院工学系研究科 教授 上坂充（うえさか みつる）、独立行政法人日本原子力研究開発機構量子ビーム応用研究部門 主任研究員 羽島良一（はじま りょういち）、国立大学法人広島大学大学院先端物質科学研究科 教授 栗木雅夫（くりき まさお）、学校法人早稲田大学理工学術院総合研究所 教授 鷲尾方一（わしお まさかず）、株式会社日立ハイテクノロジーズ研究開発本部 主管技師 小瀬洋一（おせ よういち）（計5機関）

## ※5：逆コンプトン散乱

高エネルギー電子ビームでレーザー光子を散乱することによって、高エネルギー準単色 $\gamma$ 線ビーム生成を行う技術。レーザーコンプトン散乱と呼ばれることがある。

**【問い合わせ先】**

<研究内容に関すること>

大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設  
小型高輝度光子ビーム源開発室 教授 浦川 順治 (うらかわ じゅんじ)  
TEL: 029-864-5311  
FAX: 029-864-0321  
E-Mail: junji.urakawa@kek.jp

大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設  
加速器第六研究系 教授 早野 仁司 (はやの ひとし)  
TEL: 029-879-6117  
FAX: 029-864-3182  
E-Mail: hitoshi.hayano@kek.jp

<報道担当>

大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構  
広報室長 森田 洋平 (もりた ようへい)  
Tel: 029-879-6047  
Fax: 029-879-6049  
E-mail: press@kek.jp