

## XFEL施設建設の現場から

XFELの建設が進む播磨研究所は、兵庫県の播磨科学公園都市にあります。世界最高性能を誇る大型放射光施設SPRING-8を擁し、日夜研究開発が行われています。

そんな播磨研究所の屋下がりに、悠然と現れたのがこちらの小鹿。キャンパス内の芝を食べにのっそりとやってきました。よほどおなかへっていたのか、食べるのに夢中で逃げる気配はまったくなし。キャンパスのメイン道路も堂々と横断し、つぶらな瞳で見返されてはこちらも食事の邪魔はできませんでした。そんな自然豊かな環境に囲まれて、XFELは今日も建設が進みます！

企画調整グループ 馬塚



播磨研究所の研究棟をバックにキメのポーズで…

## ■内部見学

着々と進む工事状況の確認のため、内部スタッフを対象とした建屋内部の見学会が行われ、加速器棟、及び光源棟のトンネル内等を見学しました。



全長400mに及ぶ加速器棟のトンネル内



建設中の建屋細部を確認するスタッフ

## 建築物紹介【ビームダンプピット】



電子ビームなくしては、XFELは生まれません。また、電子ビームの軌跡がXFELの質を左右する。電子銃から発射され、加速器でほぼ光の速さまで加速された電子ビームはアンジュレーター部に入り、レーザーの素となる放射光を放ち、その役目を終了する。

そして、その役目を演じ終えた電子ビームを吸収し、自然に帰るのが「ビームダンプ」。電子ビームは偏向磁石により、写真のように地下に掘り下げられた四角いピット内に設置したビームダンプへと導かれ、そのエネルギーを全て失う。

ビームダンプピット



【施設全体図】

共同実験棟  
共同研究棟

(表紙の写真)真空封止アンジュレーターの磁石列の様子

URL : <http://www.riken.jp/XFEL/>

独立行政法人理化学研究所/財団法人高輝度光科学研究センター  
X線自由電子レーザー計画合同推進本部  
〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1  
TEL : 0791-58-2849 FAX : 0791-58-2862

第3期科学技術基本計画に基づき、「国家基幹技術」に位置づけられている「X線自由電子レーザー」の開発及び建設状況を広くお知らせするために発行しています。

## XFEL NEWS

X線自由電子レーザーニュース

No.5

BONSAIの美  
コンパクトXFEL

## 特集/世界が注目する日本の技術①

続々と生まれるSCSS試験加速器の成果を前に、今、日本が作るコンパクトなXFELの実力を世界が認め始めた。



2008.12  
December

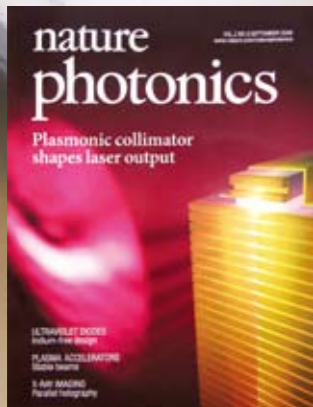
X-ray Free Electron Laser News

## 「小型のX線自由電子レーザーは、未踏領域の開拓を加速するだろう」

クラウディオ・ベレグリーニ、米国カリフォルニア大学ロスアンゼルス校教授  
<nature Vol.455 No.7211, pp297-299 (18 September 2008)>

## 「試験加速器の成功により、日本のチームは、オングストロームFELへの歩みを一気に進めた」

ブライアン・マクニール、英国ストラスカイド大学教授  
<nature photonics Vol.2 No.9, pp522-524 (September 2008)>



### 日本のXFELについて紹介された

nature photonics (左)  
nature (右)  
(掲載号表紙)  
記事の編集は、イギリスのNature Publishing Group (NPG) によって行われており、いずれもその影響力は多大である。

## コヒーレントな極紫外線放射を生み出すコンパクト自由電子レーザー

2007年秋、合同推進本部は、極紫外線レーザーを「飽和」と呼ばれる安定した状態で動作させるとともに、レーザーの出力として100メガワットという非常に高い値を得ることに成功した。この舞台となった「SCSS試験加速器」は、日本が目指すコンパクトなX線自由電子レーザー (XFEL) の実証実験のために2005年夏、理化学研究所が開発した。(財)高輝度光科学研究センターと合同推進本部を立ち上げ、これまでさまざまな実験研究や装置開発を進めてきた。今回の成功は、SPRING-8キャンパスにおいて2010年度に

完成を目指しているXFEL実機が所定の性能をもつ見通しを得るとともに、自由電子レーザー(FEL)の普及化に向けたさらなる小型化への大きな契機となるだろう。この成果は、世界で最も権威ある学術誌のひとつ「nature」の姉妹紙である「nature photonics」2008年9月号に論文とエディター側によるトピックスが掲載され、さらに「nature」紙上にもそのインパクトが紹介されるなど、内外で大きな反響を呼んでいる。

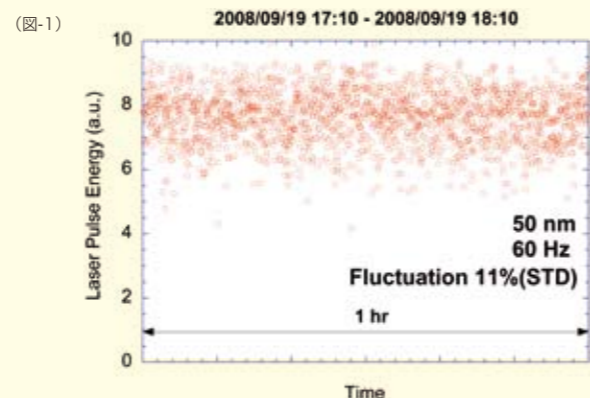
## Cバンド加速システムの設計目標をSCSS試験加速器がついに達成!!

合同推進本部では、XFEL施設をコンパクトにするため、35 MV/m\*という高い加速勾配で電子を効率的に加速することを計画し、通常使用するRF周波数(約3 GHz)の2倍の周波数(約6GHz)を持つ、Cバンドを用いた加速システムを新たに導入した。さらに、1秒間に60個のレーザーパルスを使用可能とする、高繰り返し運転(60Hz運転)も目標とした。

Cバンド加速システムの試験は、他の多くの装置と同様、SCSS試験加速器において進められており、これまではレーザー増幅の安定性を重視し、約30 MV/mの加速勾配と10Hzの繰り返しで試験加速器の運転を行ってきた。

システムの改良を進めてきた結果、本年5月より、2系統の加速システムのうち、1系統において、目標性能を上回る37 MV/mという高加速勾配での運転を開始、約2ヶ月間に渡り安定な連続レーザー飽和をほぼトラブルなく実現し、高い信頼性を示すことができた。さらに、9月には、この高

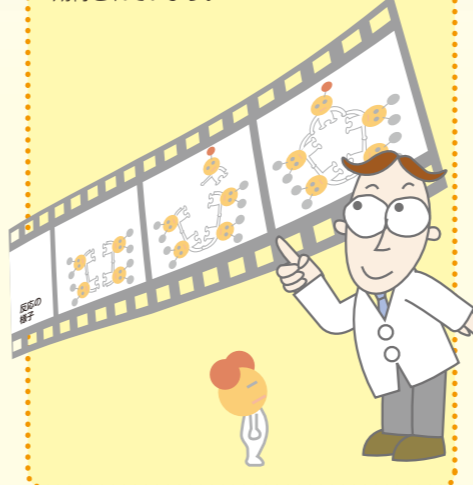
加速勾配を維持したまま、もうひとつの目標であった「60 Hz運転」による安定な連続レーザー飽和(図-1 参照)を初めて達成した。「高加速勾配」と「高繰り返し運転」の二つの目標値達成は、コンパクトかつ高性能なXFEL実機の実現をより確かなものとした。



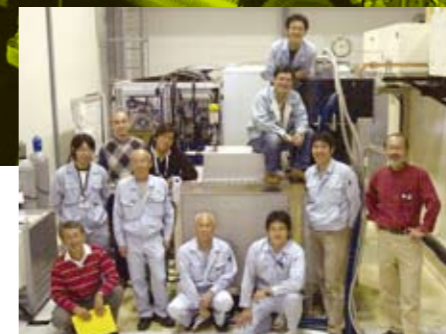
### ■XFEL 基本用語

#### 【フェムト秒】

フェムト秒とは時間の単位で、1フェムト秒は1000兆分の1秒(0.000000000000001秒)を表します。XFELは、フェムト秒程度の短い瞬間に、ストロボのようにX線を発生させることができるため、これまで直接見ることができなかった超高速の原子や電子の動きも、スローモーションの映画のように見えてくると期待されています。



\*電子が1メートル進むごとに加速エネルギーを35MV(メガボルト)ずつ高めるといこと。必要なエネルギーが決まっているとき、この加速勾配が高いほど、そのエネルギーに達するまでに必要な距離が短くて済む。



## 加速器建設グループ 主加速部チーム紹介

X線自由電子レーザー計画合同推進本部  
加速器建設グループ 主加速部チームメンバー

新竹チームリーダー(写真右端)を中心に、日々テストスタンド室にこもり、実機へ向けた運転試験を繰り返している。

### 電子ビームを効率よく“加速”する“加速器”

XFEL装置の中の心臓部分ともいえる、「加速器」という装置の開発、調整、試験を担当しているのが主加速部チームです。

加速器は、主に、電子を加速する「加速管」、マイクロ波を発生させる「クライストロン」、マイクロ波を加速管まで送る「導波管」で構成されており、XFELでは、これらの装置をそれぞれ60台以上も使用します。下の図が、XFELの加速器の完成イメージです。一直線に並んだ銅色の管が、「加速管」と呼ばれる装置で、電子銃で作られた電子ビームがこの管の中を通過する際、加速管に蓄えられたマイクロ波(電磁波)によって、電子ビームが“加速”されるしくみになっています。

XFELでは、「Cバンド加速器」という、効率の良い新型加速器を採用し、装置は現在、それぞれのメーカーにて、続々と製作されています。そして今年の春より、搬入された装置のうち1ユニット分を先行してテストスタンド室で組み立て、XFEL実機運転を想定した試験を行っています。

さらに、主加速部チームでは現在、加速器を動かす“エンジン”に相当する「モジュレータ電源」の開発も行いました。XFELでは、60台以上のモジュ

レータ電源を常時使用します。高精度を極めるXFELのためのモジュレータ電源は、長期間に渡って故障せず、安定に動作することが必要です。また、電源から漏れ広がる電磁ノイズ(雑音)は、電子機器の誤動作を引き起こし、測定器の測定精度を悪化させる恐れがあるため、電磁ノイズが極力漏れない電源を作る必要があります。これらの問題をすべて解決するために、チームが一丸となり、数々の困難を乗り越え、昨年ついに高性能の電源を完成させることができました。

今年度にも全長400mにも及ぶトンネル状の加速器棟が完成すると、いよいよ、そこに装置を据え付け、調整試験を始めます。そして2010年度の加速器運転開始に向け、主加速部チーム一同、準備と試験を着実に続けています。



## イベント報告

## Event Pick Up

### ■その他のイベントPick Up

#### 9月4日 浮島とも子氏視察

文部科学大臣政務官、浮島とも子氏が視察されました。木田グループディレクターによるXFEL計画の概要説明の後、SCSS試験加速器からXFEL建設現場まで、丁寧に視察が行われました。

#### 9月29日～10月8日 ケイロンスクール

ケイロンスクールは、アジア・オセアニア地区の科学技術の発展のため、放射光科学及び放射光利用研究に携わる人材の育成を目的として、国内外の若き研究者の卵を集め、10日間にわたるセミナーや実験・議論を行うものです。XFEL本部からも講師として石川プロジェクトリーダー、田中均グループディレクターが参加した他、SCSS試験加速器の見学も行いました。

#### 11月17日 出張授業 播磨高原東小学校

XFEL施設が建設中である播磨研究所の近くにある播磨高原東小学校より依頼を受け小学3、4年生を対象とした、出張授業を行いました。施設部の関口課長代理が講師を務め、電子の話からXFELの紹介まで、実験を交えながら、わかりやすく、楽しい授業を行いました。



#### 9月4日 奈良女子附属中等教育学校見学

奈良女子大学附属中等教育学校のみなさん39名が播磨研究所を訪れ、SCSS試験加速器を含め、研究所内のさまざまな実験施設を見学しました。これは、大学の先生や研究者から学問の面白さを学ぶアカデミック・ガイダンスの講座の一つとして行われているもので、参加した生徒の皆さんはサイエンスに関する知識も高く、積極的に研究者に質問していました。

## 実験室の窓から

昨年度から始まったSCSS試験加速器のユーザー運転も、2008年A期(5～7月)を終了し、現在B期(9～12月)の実験が行われています。利用課題の公募は国内のみならず、海外の研究機関からも参加を募っており、10月下旬には、フランスからSynchrotron SOLEILのチームが来日し、実験を行いました。2009年度の公募も今後行っていきます。公募情報はこちら(<http://xfeluser.riken.jp/>)をご覧ください。

(写真) Synchrotron SOLEILチーム  
左:Pascal MERCEREさん 右:Romain BANCHELDARDさん  
質の高いビーム実験に大変満足している様子でした。

