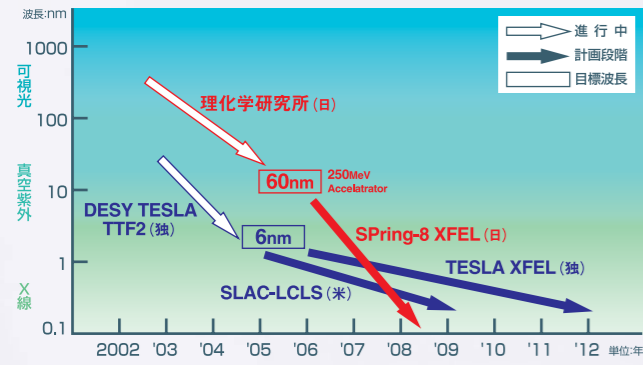


# マイルストーン



# ビームパラメータ

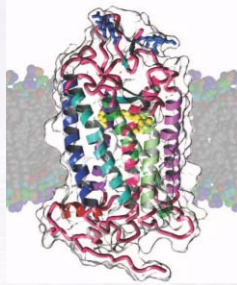
目標波長	0.06nm
アンジュレータ周期長	15mm
エネルギー	8GeV
全長	800m
予算(予定)	400億円

# 利用研究

XFEL PROJECT

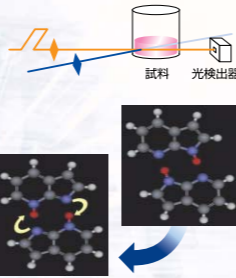
## 生物学

XFELは強い散乱光が得られるため、タンパク質1分子からでも立体構造を調べることが可能となるでしょう。さらに、生きた細胞の内部を原子スケールで詳細に観察することも夢ではありません。



## ナノテクノロジー

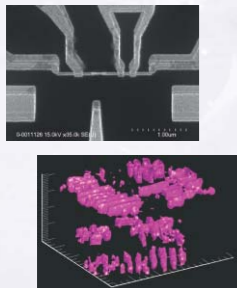
XFELを使い、数十フェト秒という極短時間の現象を原子スケールの解像度で見ることが可能です。化学反応が開始する電子の瞬時の動きや、結晶の成長過程を、詳細にとらえることができるでしょう。



# XFELが切り拓くサイエンス!

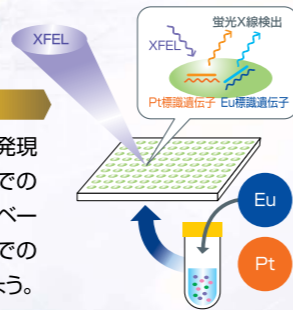
## 物質科学

XFELならば、実空間での物質構造を再構成することが可能です。ナノ・マクロの両レベルでの分解能で、物質内部の構造観察が可能になり、物質科学に大きなインパクトを与えるでしょう。



## 医学

異なる元素で標識した複数の遺伝子発現量をXFELで同時に測定し、細胞単位での遺伝子の活動量や分布を調べてデータベース化することによって、遺伝子レベルでの診断に役立てることが可能になるでしょう。



# 挑戦する研究者達

XFEL PROJECT



石川 哲也

北村 英男

新竹 積

# 夢の光

X線自由電子レーザー

## SCSS (Spring-8 Compact SASE Source) プロジェクト

大型放射光施設Spring-8の敷地内に全長約1kmの施設をつくり、次世代放射光源として期待されているX線自由電子レーザー(XFEL)を、世界で初めて実用化しようとする計画です。

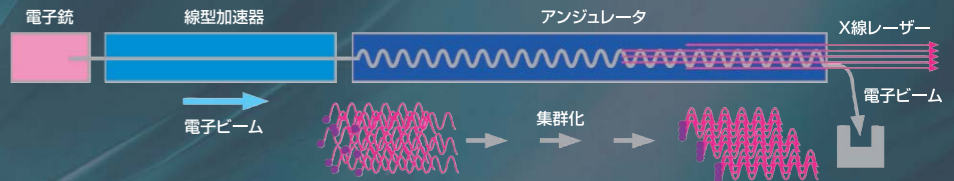
<http://www-xfel.spring8.or.jp/>

## 250MeV Accelerator



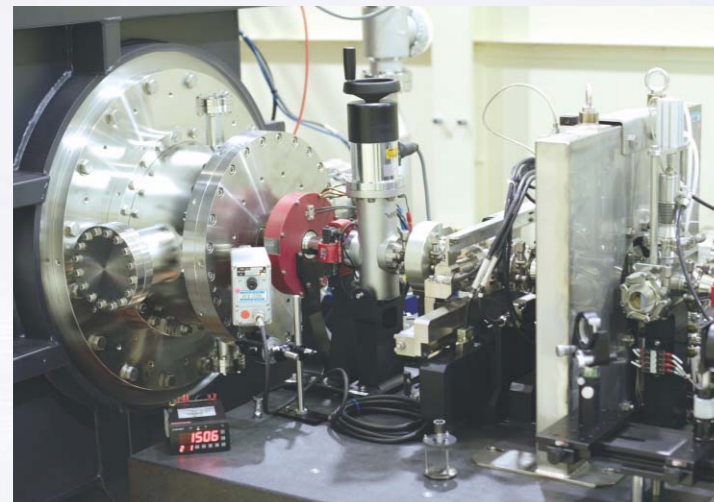
### 自己増幅型(SASE: Self Amplification of Spontaneous Emission) 自由電子レーザー発生原理

高性能加速器から得られる高品質電子ビームが長尺アンジュレータ内で放射光と相互作用し、アンジュレータ内を進行するにしたがって集群化の度合いを増すとともに放射光は増幅され、位相の揃ったコヒーレントなレーザー光として成長していきます。



## ELECTRON GUN 熱カソード型超高電圧電子銃

XFEL PROJECT

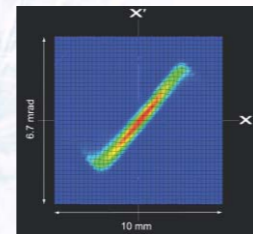


熱カソード型超高電圧電子銃

単結晶CeB<sub>6</sub>を熱カソードとする500kVの高圧電子銃を開発しています。加熱に必要な電気エネルギーは巨大で、普通のヒーターではフィラメントが焼き切れてしまうため、シリコンを超高温に加熱して単結晶をつくる時に使われるヒーターを採用し、CeB<sub>6</sub>を1450℃に加熱、熱電子を発生させています。我々が製作した電子銃から出る電子のエミッタンスは世界記録を達成し、非常に強力でかつ細く鋭い電子ビームを発生することができます。



電子銃の電子源



電子ビームのエミッタンス

培われた技術の集積

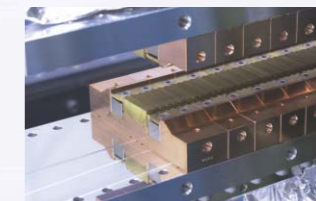
## UNDULATOR 真空封止型アンジュレータ

XFEL PROJECT

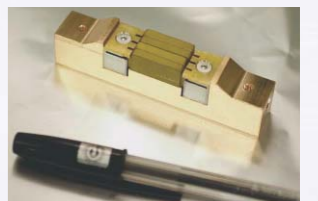


真空封止型アンジュレータ

アンジュレータは、1個の磁石の幅を従来の3分の1である15mmにすることで、全長を短く、かつ、運転に必要なエネルギーも省力化します。ただし、磁石の幅を短くした分、上下の磁石を近づけなければレーザーを発生させるのに十分な強度をもった磁力線は描けません。世界標準と呼ばれ、極めて高い性能を誇る理研開発のアンジュレータをSPring-8に多数導入してきた技術と経験を存分に活かし、磁石列ごと真空容器に入れる「真空封止型アンジュレータ」を開発しています。



アンジュレータの永久磁石列



アンジュレータ磁石ユニット

## RFEL ELECTRON ACCELERATOR 高加速勾配Cバンド加速器

XFEL PROJECT



高加速勾配Cバンド加速器

最大40MV/mの高加速勾配性能を持つ周波数5.712GHz (Cバンド)の加速器を開発しています。極めてクリーンな状態で、高い精度で銅を丸くり抜いて加速管を加工することにより、従来の加速器と比較して2倍の周波数で、加速の効率は2倍、全長は半分という、コンパクトでありながら極めて高い性能を実現します。また、SCSSで使用されるクライストロンを運転するために、密閉型の変調器電源を開発しました。この変調器電源は、従来の変調器電源と比較してコンパクトで、信頼性・安定性も高く、ノイズを減らすことにも成功しました。



クライストロンとモジュレータ電源



超高純度の銅で作った加速管断面

## ALIGNMENT アライメント

XFEL PROJECT



設備の配置予想図

高品質な光をコンパクトな装置で発生させるには、100mあたりの誤差が約10 $\mu$ m (髪の毛の太さが約50 $\mu$ m)以下という、極めて高い精度が必要です。送電線用の絶縁体に使用されている、熱膨張が鉄の20分の1以下のコーズライトというセラミックを架台に採用し、熱による装置の位置ズレを抑えます。また、床面を非常に平坦に磨くことができる研削装置を開発し、装置全体を安定に設置します。



コーズライト架台



床研削装置「ゆかとけんさく」

エミッタンス: 単位面積当たり、光などの放射力をいう物理用語で、ビーム全体が占める面積を指します。XFEL発振のためには、小さいほど良質のビームです。

クライストロン: マイクロ波を発生させる真空管の一種です。発生したマイクロ波を加速管に送り込み、通過する電子を、マイクロ波で生じた高周波電場で連続的に加速していきます。

放射光: ほぼ高速で直進する電子が、その進行方向を磁石などによって変えられた際に発生する電磁波を放射光と呼びます。

アンジュレータ: 電子を周期的に小さく蛇行させ、蛇行させるたびに発生する放射光を干渉させることにより、極めて明るい放射光を得る装置です。