



# 佐賀県立 九州シンクロtron光研究センター

SAGA Light Source



〈指定管理者〉\*

公益財団法人佐賀県産業振興機構

九州シンクロtron光研究センター

(Designated administrator)

SAGA Light Source

Saga Industrial Promotion Organization

\*) 地方自治法に基づき佐賀県から指定を受け、施設の管理運営を行っています。

## 設立の趣旨 *The purpose of SAGA Light Source*

九州シンクロtron光研究センターは科学技術の振興に寄与することにより、「地域の産業の高度化」や「新産業の創出」を行うことを目的として佐賀県が設立した施設です。日本には他にもシンクロtron光放射光を扱う研究施設が多くありますが、当センターは地方自治体が設立した初めての施設であり、産業利用を中心とした応用研究を活動の中心に据えています。科学技術を担う人材の育成、産官学連携の拠点形成、科学技術への理解促進、といった活動も県内外に向けて行っています。

SAGA Light Source (SAGA-LS) was established by Saga Prefecture for the purpose of development of regional industry and creation of new industries through a contribution to the science and technology. Among the other synchrotron radiation facilities in Japan, SAGA-LS is the first center that was established by local government and mainly deals with applied research for the industrial use. Many activities are performed inside and outside Saga Prefecture, including human resources development for the science and technology, creation of industrial-academia-government collaboration hub and promotion of understanding for the science and technology.



## 目 標 *Mission*

シンクロtron放射光の利用支援を通して、未来を拓く先端的な地域拠点の形成を目指します。ご利用の際には、ユーザーフレンドリーをモットーに、技術相談から測定まで一貫して支援します。

We strive to be one of the most advanced institutes pioneering the future in the Kyushu district by promoting the use of synchrotron radiation. We, in particular, respond to a variety of inquiries and support experiments consistently and user-friendly.

伝統と先端の  
融合

Promote the technology innovations of regional industries.

新しい価値の  
創出

Support revolutions in the field of material and biomedical science.

人材育成と  
交流

Foster human resources and promote personal exchanges.

### シンクロtron放射光の利用

Take advantage of synchrotron radiation

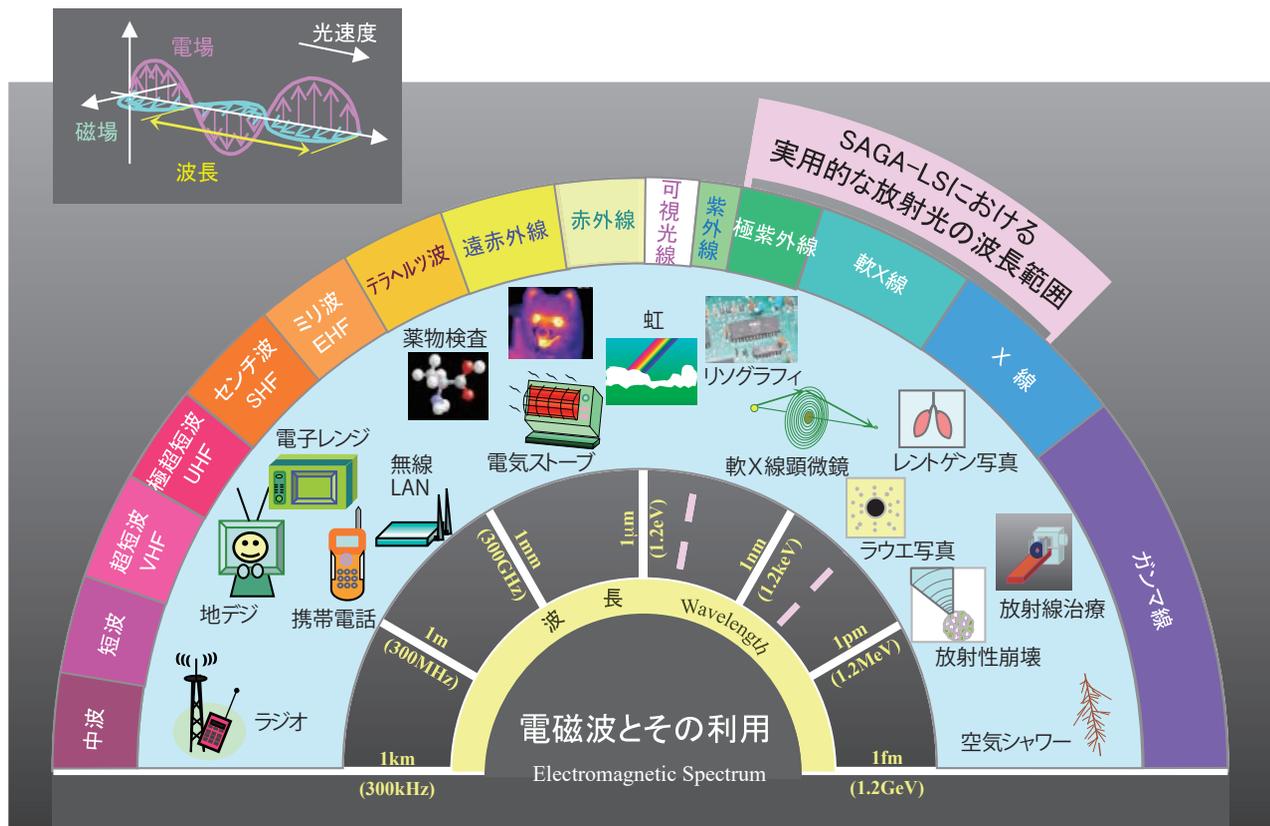


# 光と暮らし *Life with Light*

光は、私たちの生活、そしていのちを支えています。この光は電磁波<sup>1)</sup>と呼ばれ、波長の異なるマイクロ波、可視光線、X線などすべてを含みます。SAGA Light Source (SAGA-LS) のシンクロトン放射光も波長範囲が極紫外線からX線におよぶ強力な電磁波なのです。

We cannot live without light. Light is an electromagnetic wave<sup>1)</sup> to be exact, and microwaves, visible light, and x-rays are also electromagnetic waves with different wavelengths. Synchrotron radiation generated at the SAGA-LS contains electromagnetic waves in the wavelength range from vacuum ultraviolet rays to x-rays.

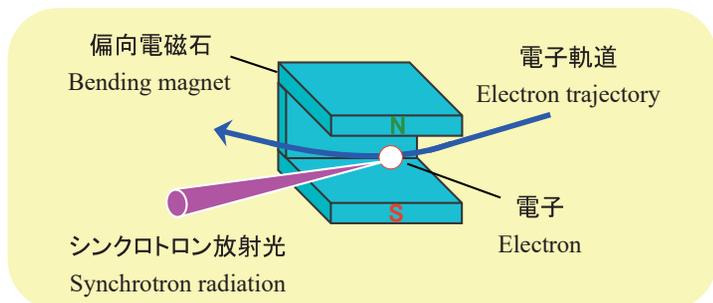
## 1) 電磁波 *Electromagnetic wave*



## 放射光の発生 *Generation of Synchrotron Radiation*

ほぼ光速で走る電子の進行方向を偏向電磁石が作る磁場で曲げると、電子は進行(接線)方向に集中したシンクロトン放射光<sup>2)</sup>を発生します。これを放射光源として使います。

Synchrotron radiation<sup>2)</sup> occurs in a narrow cone when an electron moving close to the speed of light follows a circular trajectory in a deflecting magnetic field.



## 2) シンクロトン放射光 *Synchrotron radiation*

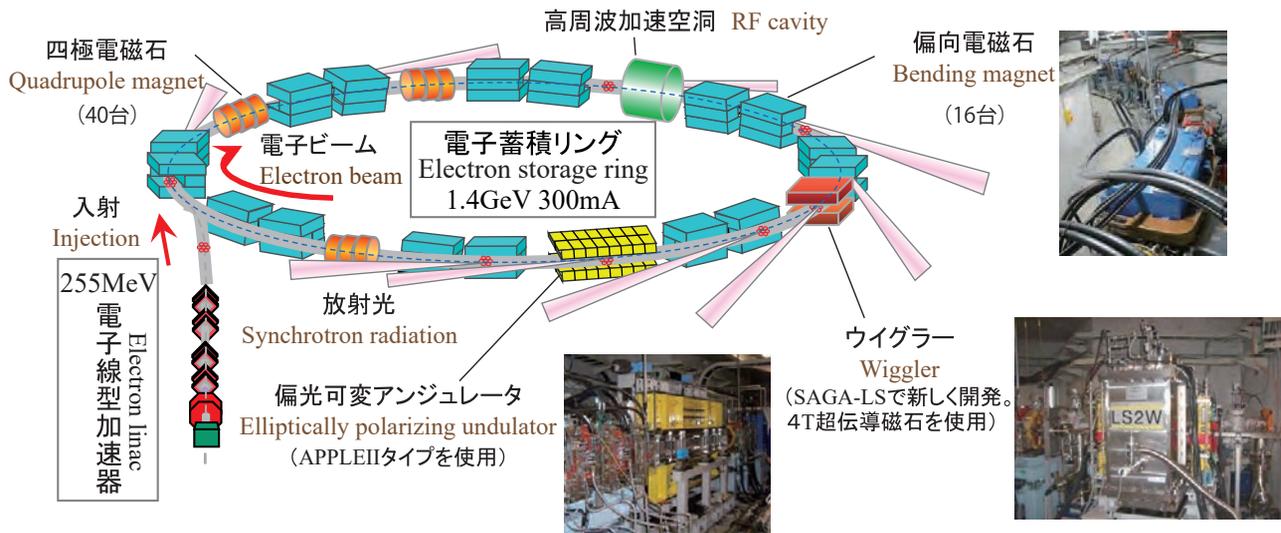
シンクロトン放射光は単に放射光とも言います。ここでは学術団体である日本放射光学会の呼称に因み、以下、放射光と称します。

The word "Synchrotron radiation" is translated into "Houshakou" in Japanese.

# 放射光源 *Light Source System*

放射光源は電子線型加速器と電子蓄積リングで構成されています。電子を電子線型加速器で255MeVまで加速し電子蓄積リングに入射します。次にリング内で1.4GeVまで加速し蓄積します(300mA)。ほぼ光速でリング内を走る電子は、偏向電磁石でその軌道が曲げられ接線方向に放射光を放出します。また、リングの直線部にアンジュレータやウイグラー等の挿入光源を設置し、特徴のある放射光を発生させています。

The light source system consists of an electron linear accelerator and an electron storage ring. The electron beam is accelerated to 255 MeV by the electron linear accelerator and is injected into the electron storage ring, and then is accelerated to 1.4 GeV at a stored current of 300mA. The electron beam almost at the speed of light in the ring radiates synchrotron radiation when it follows curved trajectory in bending magnets. Also, insertion devices – two undulators and a wiggler – are installed at straight sections in the ring. Spectrum of synchrotron radiation from each insertion device has unique characteristics.



放射光源(加速器システム)の概念図 *Arrangement of light source system*

# 放射光の特徴 *Characteristics of Synchrotron Radiation*

## 連続波長 *Continuous wavelength*

実用的には極紫外線からX線までの連続した波長(光子エネルギー)範囲で使うことができます。

## 高い平行性と強度 *High collimation and flux*

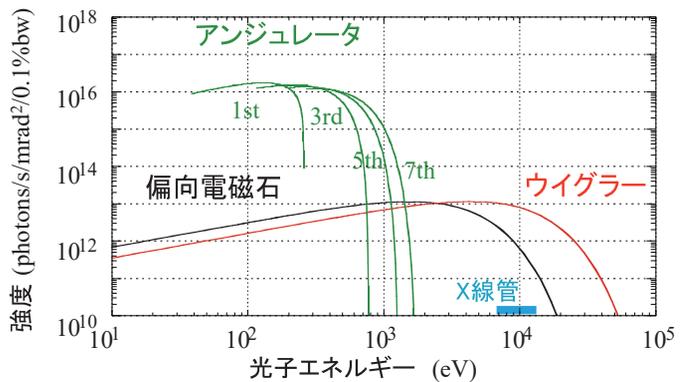
レーザー光のように鋭く集中した平行光であり(30m先で5mm程度の広がり)、強度は通常のX線管の千倍から一万倍に及びます。

## 挿入光源の効果 *Effect of insertion devices*

挿入光源を使って、更に何桁も強力な単色化された光や波長の短い光を得ることができます。

## 繰返しパルス光 *Repetitively-pulsed radiation*

ナノ秒(10億分の1秒)単位の時間間隔を持つパルス光です。



SAGA-LSにおける放射光のスペクトル分布  
(アンジュレータ、ウイグラーは挿入光源です)

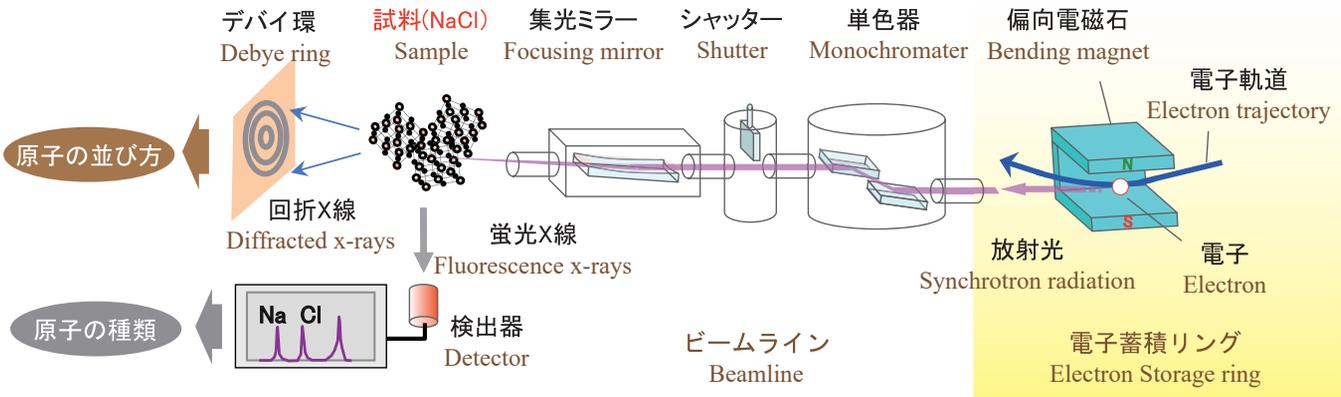
*Spectra of synchrotron radiation at the SAGA-LS*

# ビームラインの構成と実験

Beamline Components and Experimental Methods

放射光は、単色器、シャッター、集光ミラー等で構成されるビームラインで波長選択や集光が行われた後、試料に照射されます。試料からの信号を実験装置で測定し、原子の並び方や種類等を知ることが出来ます。

Synchrotron radiation is monochromatized and focused on a sample by passing through a beamline. By measuring signals from the sample, e.g. fluorescence x-rays, diffracted x-rays, we can learn what the constituent elements and crystal structure of the sample are.

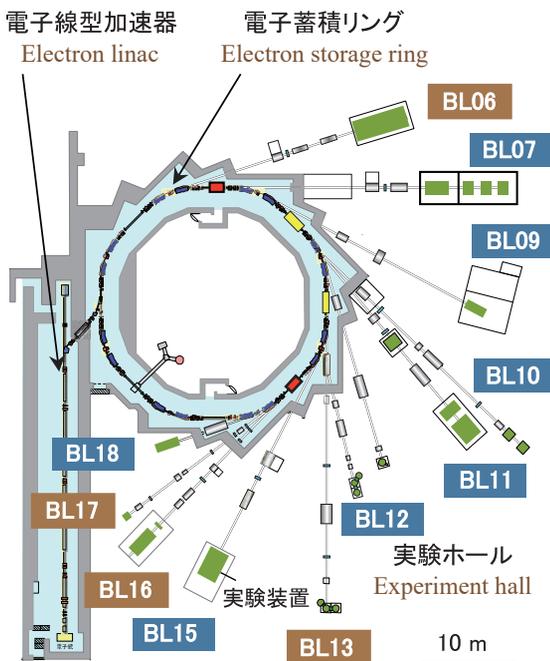


# 実験ホールとビームライン

Experiment Hall and Beamlines

実験ホールには、放射光を同時に利用できる複数のビームラインと実験装置が配置されています。現在6本の県有ビームラインと4本その他機関ビームラインが稼働しています。

Multiple beamlines equipped with experimental apparatus are placed in an experiment hall where scientists can perform experiments using synchrotron radiation. Six prefectural beamlines and four other agency beamlines are now in operation.



## 県有ビームライン(共用) Prefectural beamlines (common use)

名称	光源	光子エネルギー	実験手段
BL07 バイオ・イメージング	ウイグラー (4T超伝導磁石)	5 keV~35 keV 白色(ピーク8 keV)	X線イメージング(CT)、X線回折 XAFS、照射(加工、放射線効果)
BL09 照射・結晶構造	偏向電磁石	5 keV~20 keV 白色(ピーク5 keV)	単色・白色X線トポグラフィ 照射(加工、放射線効果)
BL10 ナノサイエンス	アンジュレータ (偏向可変)	40 eV~900 eV	軟X線XAFS、光電子顕微鏡 角度分解光電子分光
BL11 局所構造	偏向電磁石	2.1 keV~23 keV	XAFS、X線小角散乱 蛍光X線分析
BL12 表面界面	偏向電磁石	40 eV~1500 eV	軟X線XAFS X線光電子分光
BL15 物質科学	偏向電磁石	3.5 keV~23 keV	X線回折(薄膜、粉末)、XAFS 単色X線トポグラフィ、反射率

\*) 16keV~23keVのX線を使用する場合はBL調整が必要です。事前にご相談下さい。

## 他機関ビームライン Other agency beamlines

名称	光源	光子エネルギー	実験手段
BL06 九州大学	偏向電磁石	2.1 keV~23 keV	XAFS X線小角散乱
BL13 佐賀大学	アンジュレータ (水平直線偏光)	36 eV~800 eV	角度分解光電子分光 軟X線XAFS
BL16 住友電気工業株式会社	ウイグラー (4T超伝導磁石)	2 keV~35 keV	XAFS、X線回折
BL17 住友電気工業株式会社	偏向電磁石	50 eV~2000 eV	X線光電子分光、軟X線XAFS

## 地域の課題

### 佐賀県試験研究機関による利用

Utilization of SR by prefectural research institutes



### 緑茶の産地を識別

BL15

Identification of green-tea-growing area

緑茶は、鎌倉時代に栄西禅師が南宋から持ち帰った種子を脊振山に植え、その後全国に広がりました。本研究では、蛍光X線分析法を用いて緑茶の組成を分析し、産地識別を試みています。これにより緑茶の品質向上に貢献します。



蛍光 X 線分析

佐賀県茶業試験場 / 九州シンクロトロン光研究センター

### 有田焼赤絵の謎

BL12,15

Mystery of red-colored Arita ware

有田焼の赤絵など独自の色彩技術が江戸時代から継承されています。この赤絵や青磁の熱処理による色調変化と化学構造の関連をXAFS法を用いて調べています。また、新規な絵具・釉薬の開発を進めています。



柿右衛門様式赤絵皿

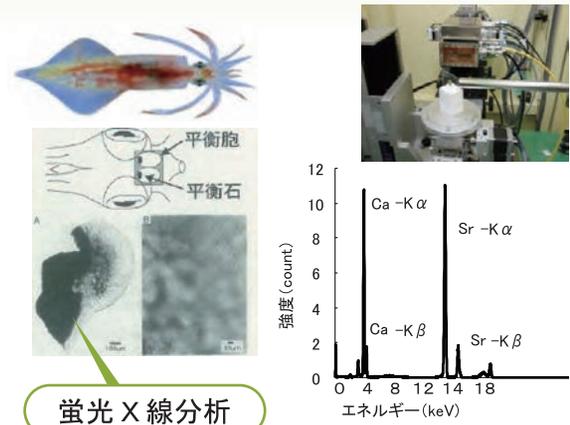
佐賀県窯業技術センター / 九州シンクロトロン光研究センター

### ケンサキイカ季節群の識別

BL11

Identification of seasonal variants of Swordtip Squid

蛍光X線分析法を用いてケンサキイカの平衡石の組成分析を行い、春群と秋群を識別・分離して、各群の生活史解明を試みています。これにより、資源評価と資源管理に貢献します。



蛍光 X 線分析

佐賀県玄海水産振興センター / 九州シンクロトロン光研究センター

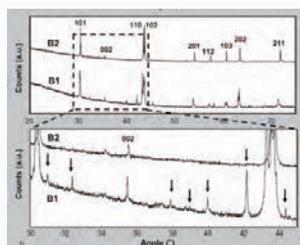
## 電子デバイス分野

### 鉛フリーはんだの高性能化

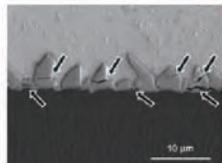
BL15

*Sophistication of lead-free solder*

錫(Sn)を用いた鉛(Pb)フリーはんだ接合部の劣化(亀裂生成)を、微量のニッケル(Ni)添加で抑制できることを見出しました。その理由をX線回折法で調べた結果、はんだと銅基板の接合部に生じるCu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>の固相変化がNi添加で阻止されることを発見し、製品の信頼性向上に貢献しました。



(B1)Niを含まないCu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>  
(B2)Niを5at%含む(Cu,Ni)<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>



はんだ接合部の断面SEM  
写真(矢印は亀裂を示す)

X線回折

クイーンズランド大学/㈱日本スベリア社/九州シンクロtron光研究センター  
(文部科学省ナノテクノロジーネットワーク課題)

### 微小液滴で形成した有機薄膜評価

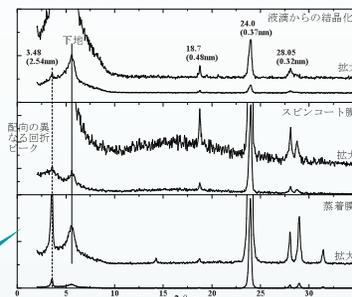
BL15

*Analysis of organic-thin films from slight-ink droplet*

フレキシブルで低コストな有機半導体素子作製を目指し、インクジェット法により有機微小液滴を結晶化させる製膜が行われています。これにより、真空蒸着法、スピコート法等と比べて、より高品質化が可能であることをX線回折法を用いて明らかにしました。



X線回折



㈱リコー/九州シンクロtron光研究センター

### 誘電体材料の高機能化

BL15

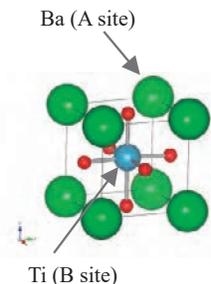
*Characterization of sophisticated dielectric materials*

携帯電話等に搭載される小型・大容量セラミックコンデンサーの高信頼性化が求められています。そのための材料開発の一環としてCaを添加したBaTiO<sub>3</sub>材料のXAFS法による構造解析を行い、高機能化への知見を得ました。



小型・大容量  
積層セラミック  
コンデンサー

XAFS測定



Ba (A site)  
Ti (B site)  
CaはBa (A site)を  
置換する事が判明

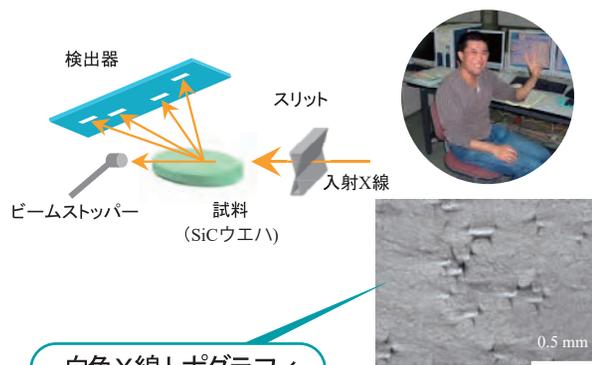
京セラ株式会社/九州シンクロtron光研究センター

### 半導体単結晶材料の欠陥評価

BL09

*Characterization of defect in semiconductor single crystal*

高温で大電流動作が可能なデバイス用半導体材料であるSiC単結晶の高品質化が求められています。デバイス形成時のイオン打込みで生成する欠陥は動作不良につながるため、X線トポグラフィで欠陥観察を行いました。



白色X線トポグラフィ

イオン注入部分

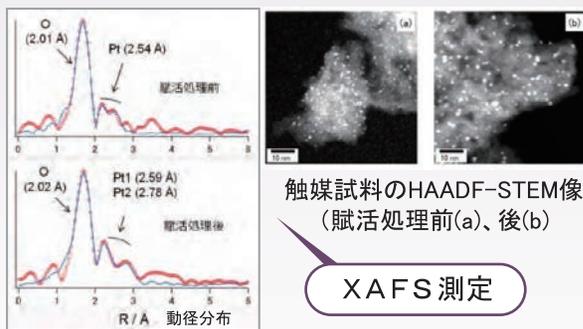
九州シンクロtron光研究センター/株式会社イオンテクノセンター

## 環境・エネルギー分野

### アルミナ担持Ptナノ粒子触媒の評価 BL11

Characterization of Pt nanoparticles on alumina supports

自動車排ガス浄化や固体高分子型燃料電池に用いられる触媒の希少金属量削減が求められる中で、低温でCO酸化活性の高いアルミナ担持Ptナノ粒子触媒の調製に成功しました。そこで、触媒作用解明のためにXAFS測定を行い、Ptの存在状態を明らかにしました。

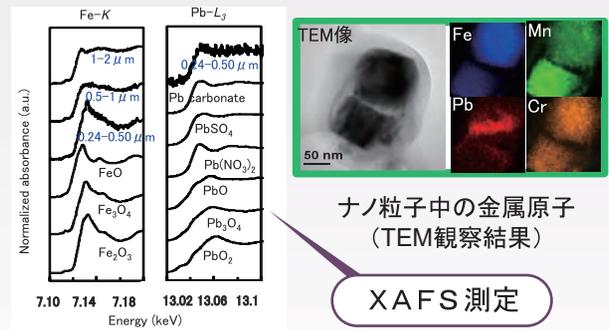


産業技術総合研究所/九州シンクロtron光研究センター  
(文部科学省ナノテクノロジーネットワーク課題)

### 大気中ナノ粒子の含有金属分析 BL11

Speciation of metals in atmospheric nanoparticles

大気中の浮遊ナノ粒子には金属原子が含まれ、その環境や生体への影響が懸念されています。そこで、福岡で採取した大気中ナノ粒子のXAFS測定を行い、Fe, Pb, Mn等の化学状態を解析しました。今後、東アジアの越境汚染を考慮した環境基準設定への貢献が期待されます。



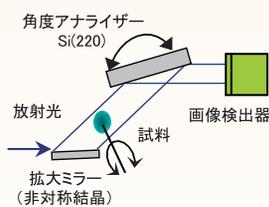
九州大学大学院宇都宮研究室/九州シンクロtron光研究センター  
(文部科学省ナノテクノロジーネットワーク課題)

## 計測技術の高度化

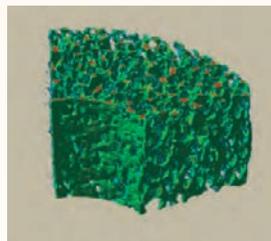
### 高感度三次元観察法 BL15

Highly-sensitive method for three-dimensional observation

X線を用いて三次元内部観察を行なう場合、従来の吸収コントラスト法では有機材料等の内部はほとんどコントラストがつかせませんでした。そこで、屈折コントラスト法を開発し、有機材料や生体軟部組織の高感度な三次元観察を可能としました。



屈折コントラストイメージング法 (DEI法) の実験配置図



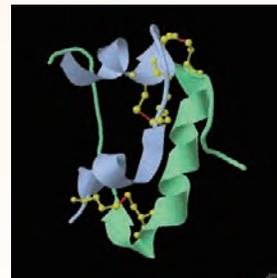
低誘電損失ケーブル用発泡ポリマー絶縁体の三次元観察像

株式会社日立製作所/九州シンクロtron光研究センター

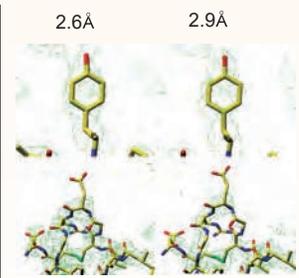
### 単波長異常散乱法 (SAD法) BL15

Single-wavelength anomalous dispersion method

蛋白質の構造を調べるために、近年、蛋白質に天然に含まれる硫黄原子の異常散乱を利用するS-SAD法が開発されてきました。この方法は長波長X線の使用が有効であり、当センターに相応しい計測法として実用化を進めています。



ウシ由来インスリンの分子モデル



長波長X線を用いて得られたインスリンの分子構造

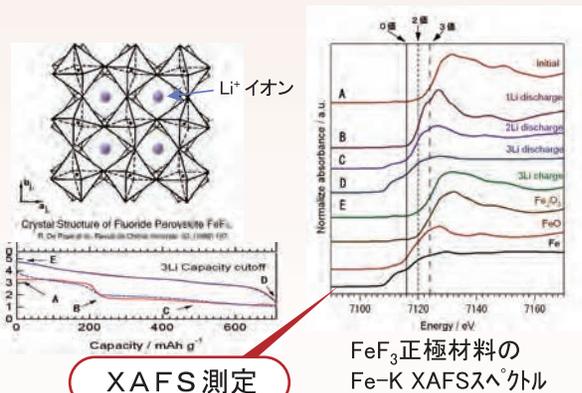
理化学研究所/九州シンクロtron光研究センター/財団法人高輝度光科学研究センター

## 電池・触媒分野

### リチウムイオン電池正極材料の評価 **BL11**

Characterization of cathode for lithium ion battery

電気自動車等に搭載される大型リチウムイオン電池用に、安価で低環境負荷な電極活物質が求められています。そこで、鉄系正極で最高の理論エネルギー密度を有する $\text{FeF}_3$ において、充放電に伴うFeの価数状態をXAFS法で測定し、その反応機構を明らかにしました。



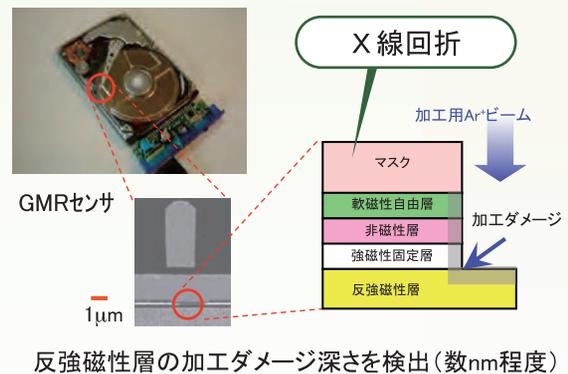
九州大学岡田研究室/九州シンクロtron光研究センター  
(文部科学省ナノテクノロジーネットワーク課題)

## ストレージ分野

### HDD用GMRセンサの評価 **BL15**

Characterization of GMR sensor of HDD

ハードディスク大容量化に伴い読み出しセンサ(GMRセンサ)の高感度化が求められています。そこで、センサ加工に使う $\text{Ar}^+$ ビームによる加工ダメージ(感度低下につながる)をX線回折法で評価し、最適な加工条件を見出しました。

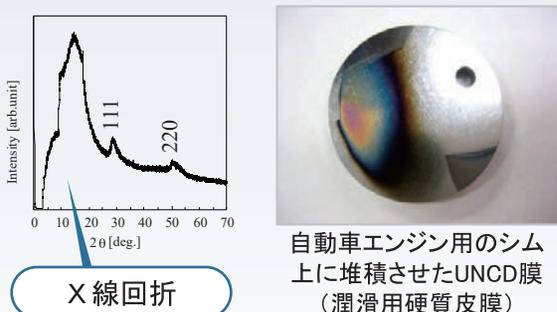


## 新材料分野

### 超ナノ微結晶ダイヤモンド薄膜 **BL12,15**

Characterization of Ultra Nano Crystalline Diamond (UNCD)

UNCD膜はダイヤモンドのナノ粒子を堆積させた薄膜です。表面が平滑で硬く耐熱性を有し、自動車用の摺動部材などに使うことが出来ます。その品質向上のために、軟X線XAFS法、X線回折法による分析が不可欠になっています。



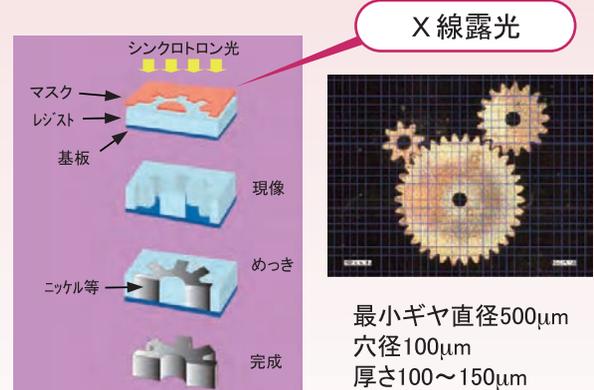
九州大学大学院吉武研究室/九州シンクロtron光研究センター  
(文部科学省ナノテクノロジーネットワーク課題)

## 微細加工

### マイクロパーツの微細めっき加工 **BL09**

Fabrication of microparts produced by plating

マイクロメートル寸法の部品(微小歯車、スクリーン印刷メッシュ、砥粒ふるいメッシュ等)のニーズに対して、精密、高強度で安価な加工技術の開発が重要になっています。そのため、金型加工とめっき技術の開発に貢献します。



田口電機工業(株)/九州シンクロtron光研究センター  
(経済産業省戦略的基盤技術高度化支援課題)

# 多様な交流の拠点

Center for variety of regional exchanges

## 社会との交流

### 一般見学 *Public tour*

パネルや模型を展示し、施設の紹介を行っています。



### 学校見学 *Field trip*

最先端の科学技術の紹介や施設紹介を行っています。



### 一般公開 *Open house*

毎年1回、施設を公開し業務紹介や体験イベントを開催しています。



## 研究機会の提供

### 研究成果報告会 *Annual meeting for announcing the latest advances*

毎年1回、当センターでの最新の研究成果を報告しています。



### 講習会・講演会 *Workshop, etc.*

随時、放射光利用の講習会、講演会等を開催しています。



### サマースクール

*Summer school*

毎年夏季に、若手研究者を対象として講義と実習を行っています。



## 情報の発信

### WEB Magazine

当センターの最新の情報、話題を発信しています。



### 記者説明会 *Press release*

当センターに関する最新状況をリリースしています。

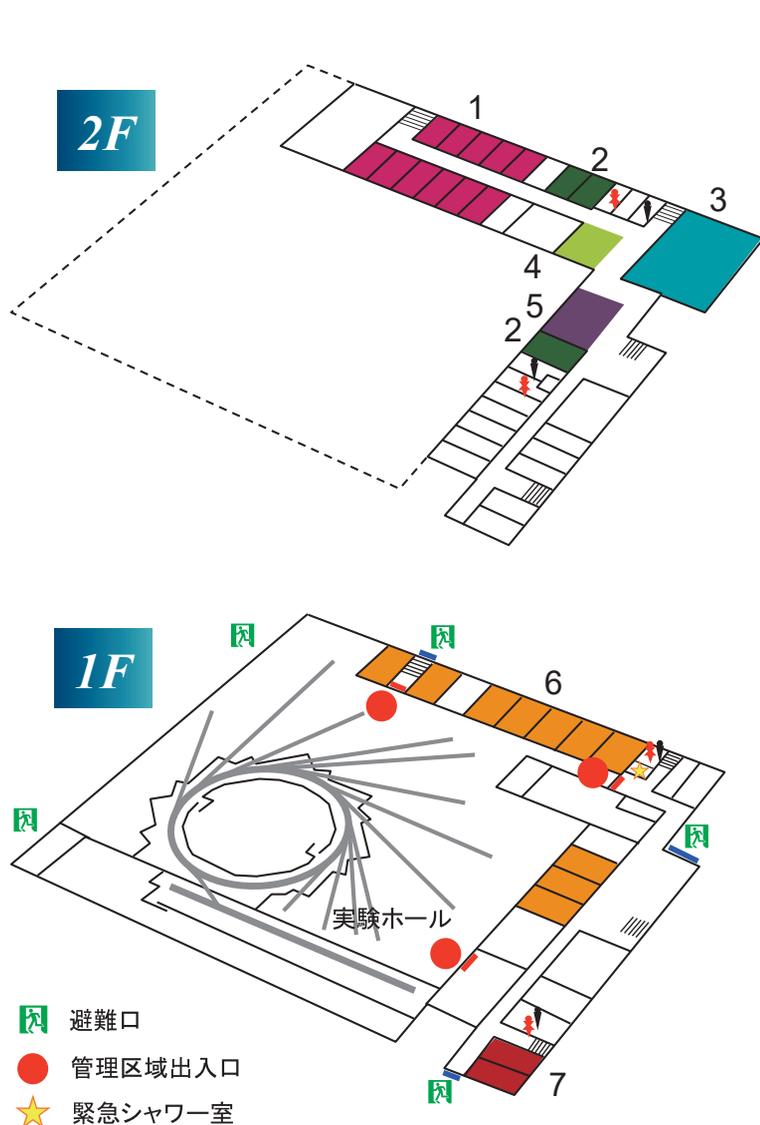


### 出版物 *Publication*

「年報」、「研究成果報告書」などを発行しています。



## ユーザーフレンドリーな実験研究施設 *Experiment & Research Facility with User-Friendliness*



- 1 **貸研究室** *Rental Laboratory*  
常設のレンタルラボとして11室用意しています。
- 2 **会議室** *Meeting Room*  
3室ご利用いただけます。
- 3 **セミナー室** *Seminar Room*  
セミナーやシンポジウム等が行えます(定員100名程度)。
- 4 **交流コーナー** *Lounge*  
談話や食事が出来るコーナーです。自動販売機を設置しています。
- 5 **見学ホール** *Visitor Hall*  
紹介パネルを展示しています。実験ホールを見渡すことができます。
- 6 **実験準備室** *Preparation Room*  
実験の準備、データ処理等を行うことができます。
- 7 **ケミカルラボ** *Chemical Lab.*  
ドラフトを使って試料、化学薬品等の取扱いができます。

## 快適な宿泊施設 *Lodging Facility*

実験研究施設に隣接しており、シングルルーム18室とランドリ設備や談話コーナーを備えています。



## ACCESS



●お問い合わせ  
Contact

公益財団法人佐賀県地域産業振興機構  
九州シンクロトン光研究センター

〒841-0005 佐賀県鳥栖市弥生が丘八丁目7番地  
TEL: (0942) 83-5017 FAX: (0942) 83-5196  
URL: <http://www.saga-ls.jp/> E-mail: [info@saga-ls.jp](mailto:info@saga-ls.jp)  
SAGA Light Source  
8-7, Yayoigaoka, Tosu, Saga 841-0005, Japan

## センター隣接工業用地のご案内 鳥栖北部丘陵新都市

Information on sites adjacent to the center for factory use  
Tosu Northern Hills New Town



九州シンクロトン光研究センターに隣接する最先端技術の分析専門企業向けの用地です。シンクロトン光関係の企業専用用地となっているため、業種、事業内容に制限があります。詳しくはお問い合わせください。

Sites adjacent to SAGA Light Source are available for analysis specialist enterprises with advanced technologies. There are restrictions on the type of industry and business as these sites are for companies related to synchrotron radiation. Please contact us for more information.

◆佐賀県産業労働部 (Department of Industry and Labor, Saga Prefectural Government)  
企業立地課 Tel:0952-25-7097 (Corporate Location Promotion Division) +81-952-25-7097  
ものづくり産業課 Tel:0952-25-7129 (Manufacturing Industries Division) +81-95202507129