

CMRC全体会議 元素戦略(電子材料)



Synchrotron Radiation



Neutron and Muon

KEK・物質構造科学研究所・
構造物性研究センター(CMRC)

村上洋一



元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>

～「元素戦略」の基幹事業として、強固な推進体制による新たな事業展開～

平成24年度予算案：2,250百万円
(新 規)

【背景】

- ・レアアース等の希少元素の供給を輸入に頼る我が国は、世界的な需要の急増や資源国の輸出管理政策により、深刻な供給不足に直面。昨年以降、資源国による輸出枠の大幅削減により、価格が高騰。
※レアアース：希土類17元素の総称。ハイブリッド自動車のモーターに用いられる強力な磁石など、先端産業を支える部材に不可欠。
- ・東日本大震災を契機として、円高の進行にレアアース等の調達制約も加わり、供給網(サプライチェーン)の中核を担う素材・部品分野等において、生産拠点を日本から海外に移転する動きが活発化しており、産業の空洞化が加速する恐れ。

【概要】

- ・優れた成果を挙げつつある「元素戦略」を強化するため、卓越した洞察力とマネジメント能力を備えた代表研究者が
(i)電子論(ii)材料創製(iii)機能評価の3つのグループの若手研究者を結集した異分野協働研究拠点とそれを支える研究ネットワークを形成し、国際競争の激しい物質・材料研究において強力な巻き返しを図る。※「元素戦略」：物質・材料の特性・機能を定める元素の役割を解明し利用する観点から材料研究のパラダイムを変革し、新しい材料の創製につなげる研究(「元素戦略検討会報告書」)
- ・我が国の産業競争力に直結する①磁石材料②触媒・電池材料③電子材料④構造材料の4つの材料領域において、希少元素を用いない全く新しい材料の開発を目指し、最先端の物理・化学理論を駆使して機能設計から部材試作までを一貫して実施。
- ・各学会及び産業界の有識者からなる「元素戦略運営統括会議」が事業全体の運営を監督。経済産業省とも緊密に連携。

【元素戦略の成果例】

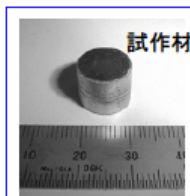
成果例1:ジスプロシウムを用いない鉄・ネオジム・ボロン系磁石



ハイブリッド自動車(現行)
ジスプロシウムを用いたモーター用磁石を使用中



実用化を目指す



試作材

成果例2:インジウムを用いない二酸化チタン系透明導電膜



液晶テレビ(現行)
インジウム酸化物を用いた透明ディスプレイを使用中

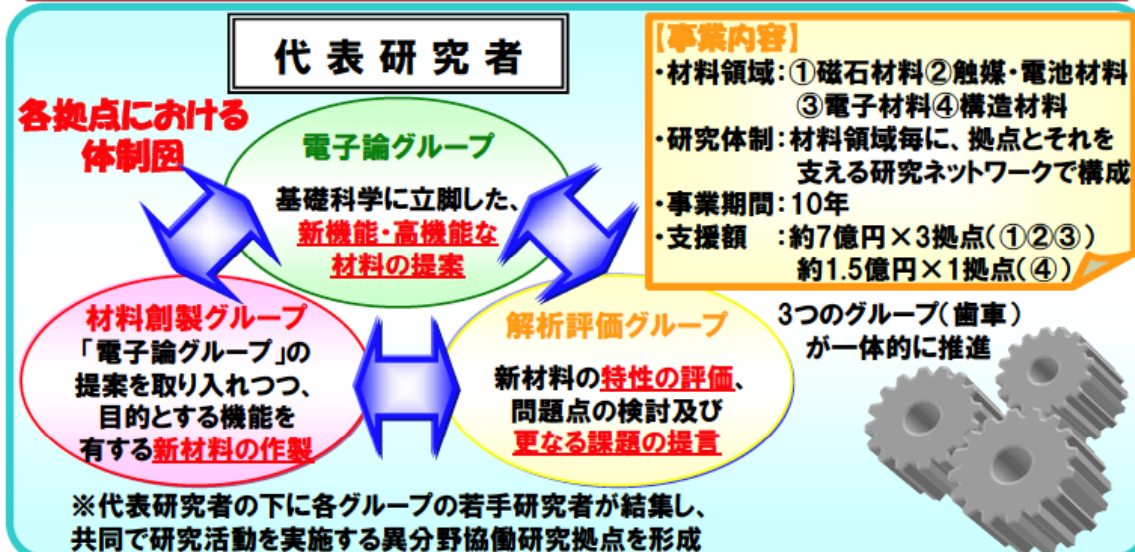


実用化を目指す



試作材

元素戦略運営統括会議



Elements Strategy Initiative

Target Areas

Magnetic Material (NIMS)

Leader

Dr. HIROSAWA Satoshi
(Elements Strategy Initiative
Center for Magnetic Materials)



Develop alternative materials to replace the top grade rare-earth magnets used in high-power motors for hybrid electric vehicles by investigating physics and materials science ruling the hard magnetic properties (magnetic moment, magnetic anisotropy etc.)

※While Dy is added in Nd magnet in order to keep its ability at higher temperature such as HEV motor, Dy production is limited only one area in the world.

Electronics Material (Titech)

Leader

Prof. HOSONO Hideo
(Material Research Center for Element Strategy)



Establishing design method for cutting edge materials utilizing ubiquitous elements such as Al, Si, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti, etc. Also developing fabrication strategies and evaluation of functional properties and new frontier of abundant elements in electro-active materials

※ In is used in transparent electrode of flat panel displays, Ga and As are used as high mobility semiconductor, and Pb is applied in ferroelectric materials.

Catalyst & Rechargeable Battery (Kyoto-u)

Leader

Prof. TANAKA Tsunehiro
(Department of Molecular Engineering)



Develop alternative automobile exhaust catalysts, electrode materials for the re-chargeable batteries etc., by establishing interfacial sciences between solid and gas or liquid combining quantum chemistry and solid state physics.

※Li and Co are used in re-chargeable batteries, PGM (Platinum group metals) are used for catalysts in exhaust from automobiles. They are indispensable rare elements from overseas.

Structural Material (Kyoto-u)

Leader

Prof. TANAKA Isao
(Department of Materials Science)



Starting from solid state physics, establish the process analysis of traditional subject of deformation and rupture based on the characterization of defects such as dislocations, grain boundaries and vacancies.

※ More than 90% amount critical elements is used for structural materials, such as Nb in strong steel, Mo in high temperature steel, and Zn for anticorrosion.

構造物性研究センターの平成25年度以降大型外部資金



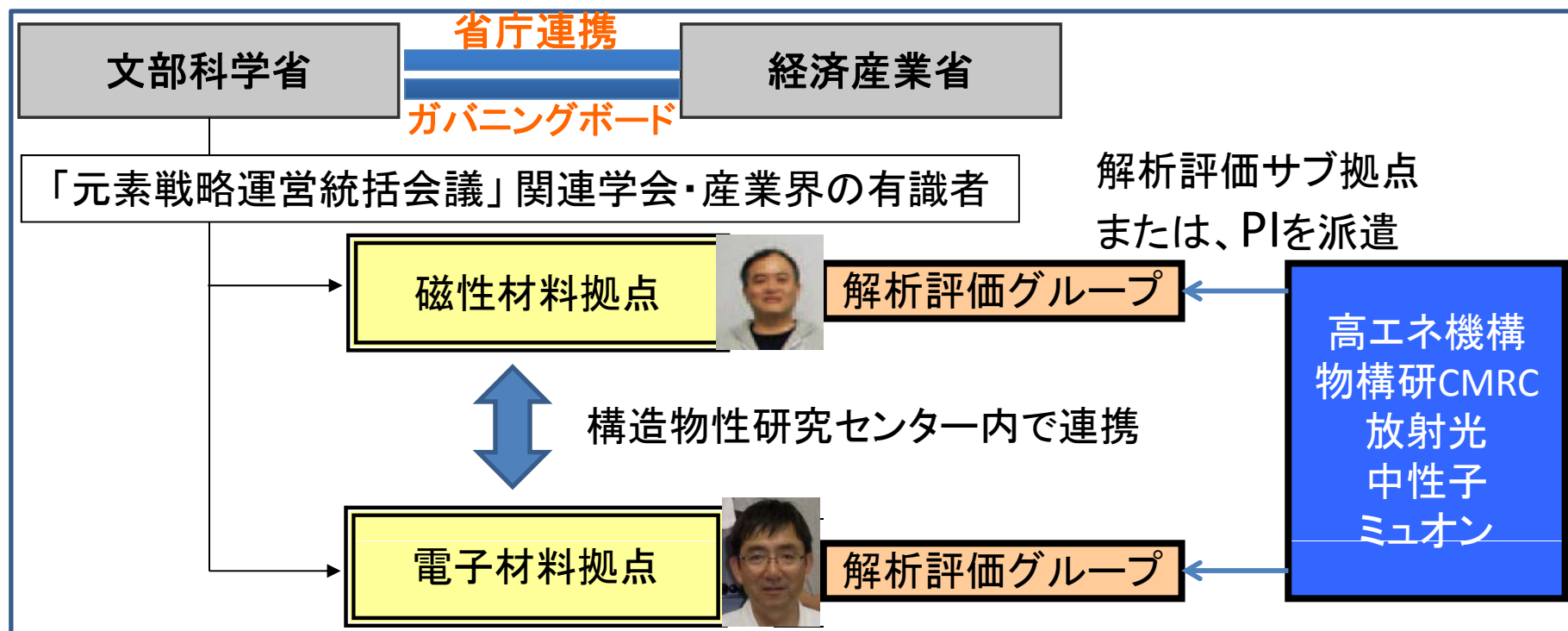
文部科学省

元素戦略プロジェクト＜研究拠点形成型＞ H24年度から10年間

我が国の産業競争力に不可欠である革新的な希少元素代替材料を開発するため、物質中の元素機能の理論的解明から、新材料の創成、**特性評価**までを密接な連携・協働の下で一体的に推進する。

* 材料領域: ①磁石材料、②触媒・電池材料、③電子材料④構造材料

* 支援額 : 約7億円/年 × 3拠点(①②③)、約1.5億円 × 1拠点(④) * 期間:10年間



東工大元素戦略拠点 (TIES)



電子材料



代表研究者 細野 秀雄
拠点設置機関 東京工業大学
連携機関

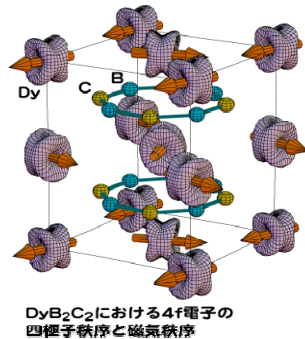
物質・材料研究機構(NIMS) 部門長 大橋直樹
高エネルギー加速器研究機構(KEK) センター長 村上洋一

拠点組織図



TIES KEK-PIと専門分野

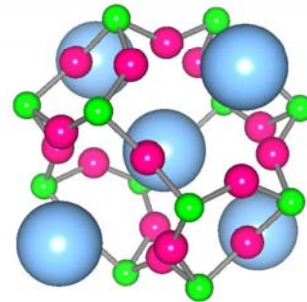
村上洋一



電子自由度秩序:
軌道秩序・軌道波

放射光: 共鳴X線散乱
共鳴非弾性散乱
中性子散乱、μSR、
基礎物性測定

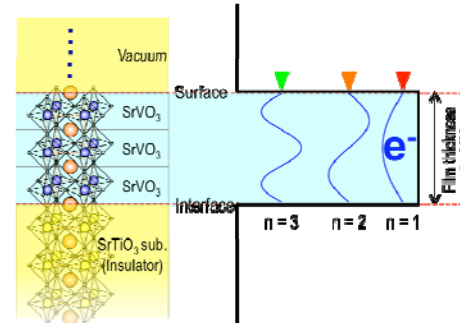
山浦淳一



新物質合成: 籠上物質、
新超伝導体の構造解析

中性子回折・
X線(放射光)回折による
精密結晶構造解析
新物質開発

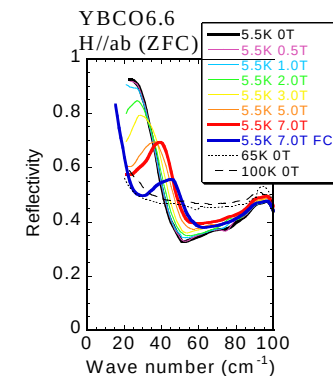
組頭広志



強相関電子系の
電子状態解析

放射光電子分光
PES, XPS, ARPES
*In-situ*電子状態解析

小嶋健児



ミュオンを用いた薄膜の
磁性・超伝導測定

ミュオンによる
磁性・超伝導研究、
水素状態の検知

コヒーレントな研究体制

KEK物構研・構造物性研究センター
メンバーと密接に協力しながら
研究を推進する。

副拠点リーダー



10名 → 15名



放射光

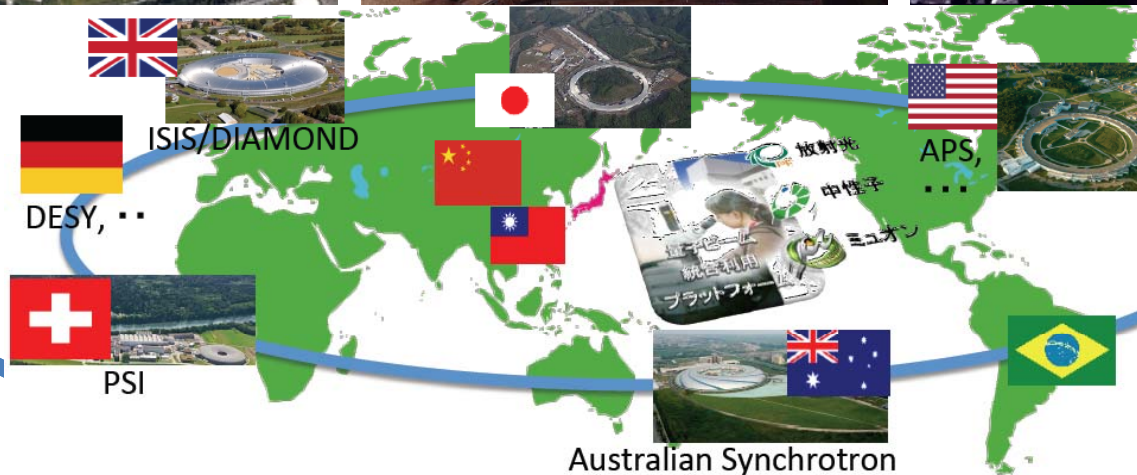
中性子

ミュオン

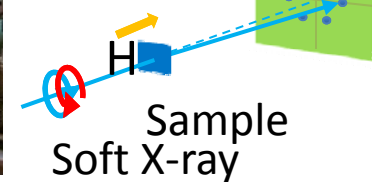
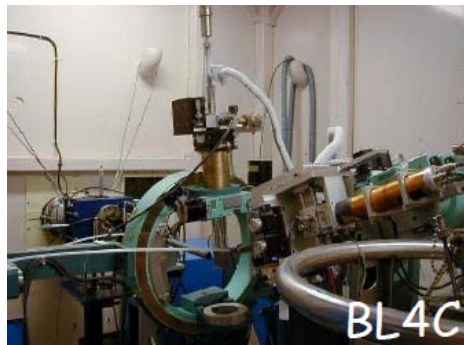
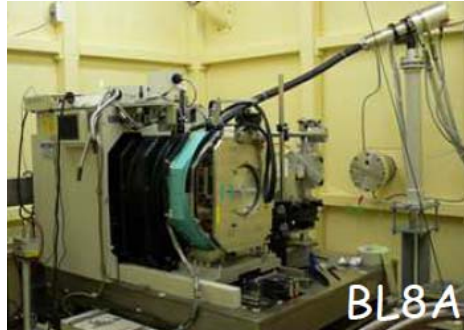
量子ビームによる元素戦略研究体制

量子ビームの協奏的利用

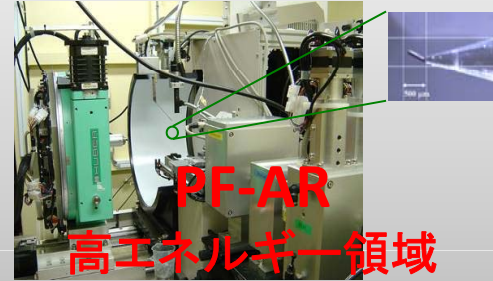
放射光・中性子・ミュオンの相補利用
KEK-JAEA-CROSS-RIKENの協働プロジェクト



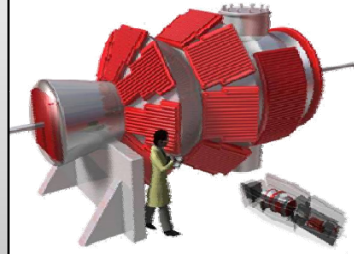
KEK元素戦略ビームライン



New Diffractometer



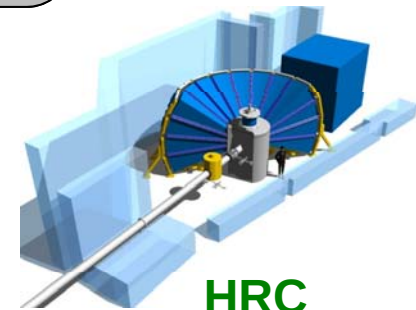
高エネルギー領域
構造解析回折計



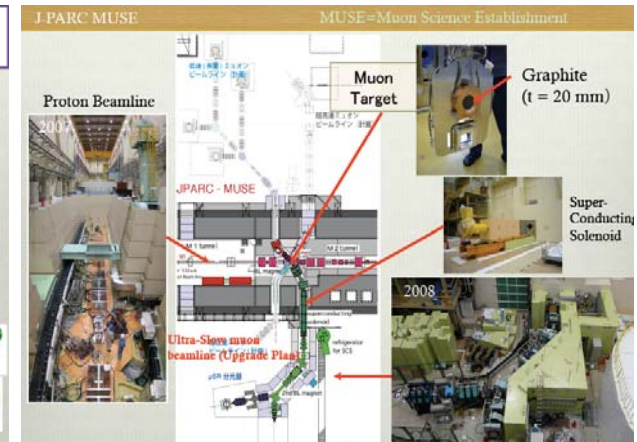
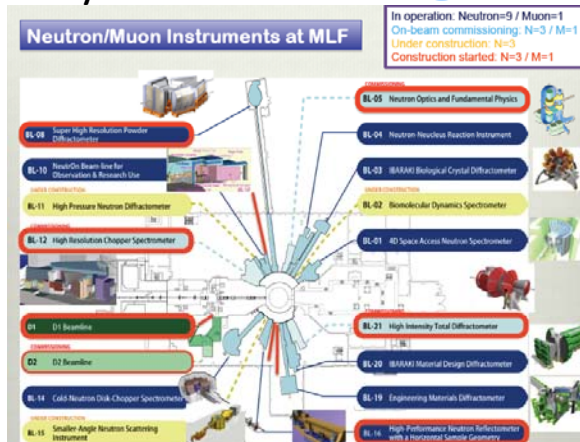
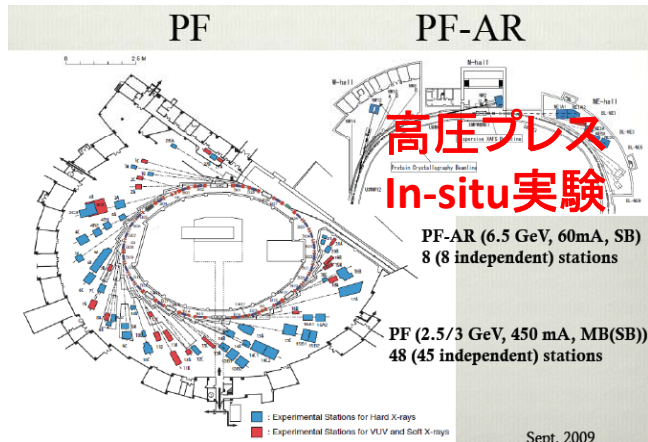
NOVA



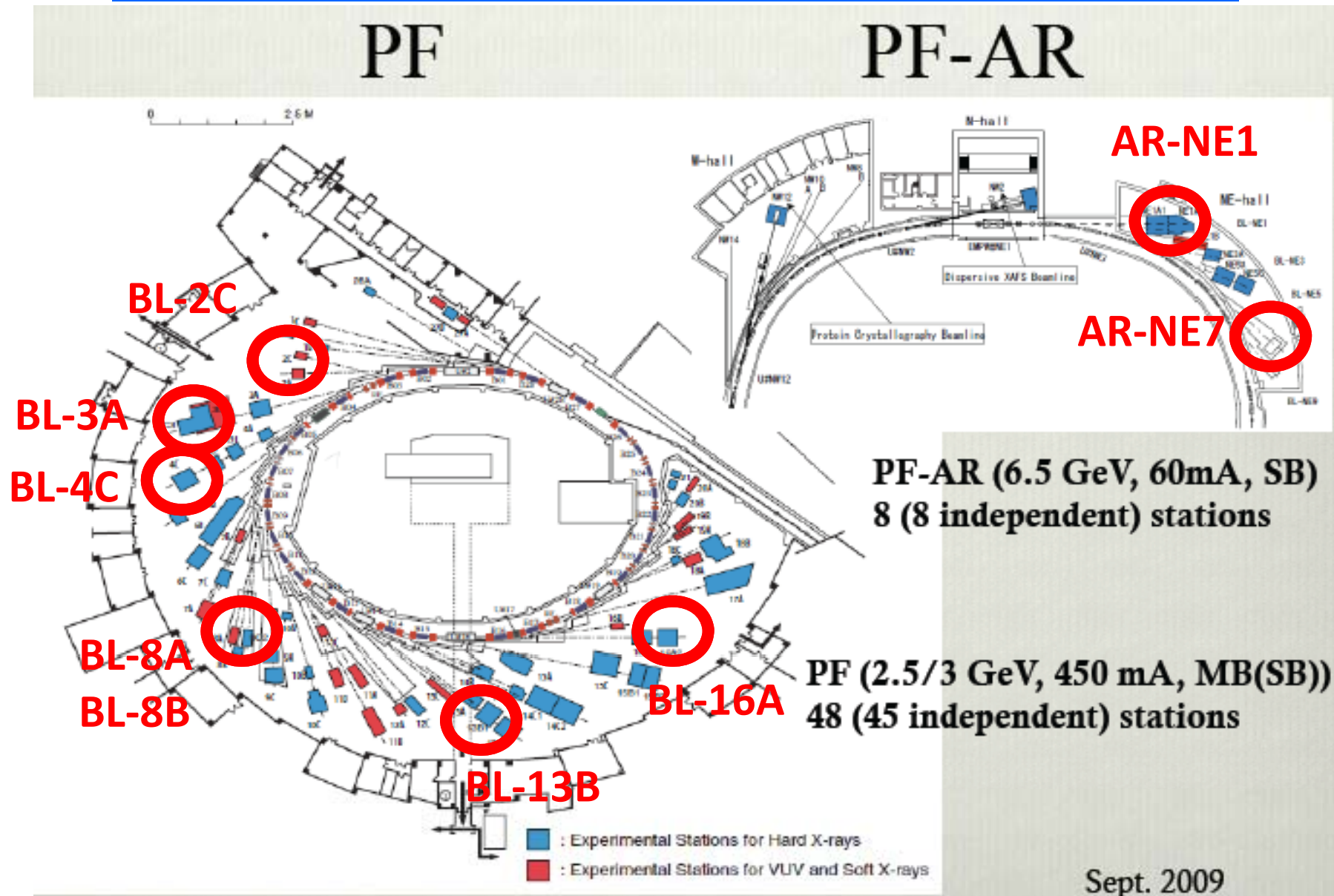
SHRPD



HRC

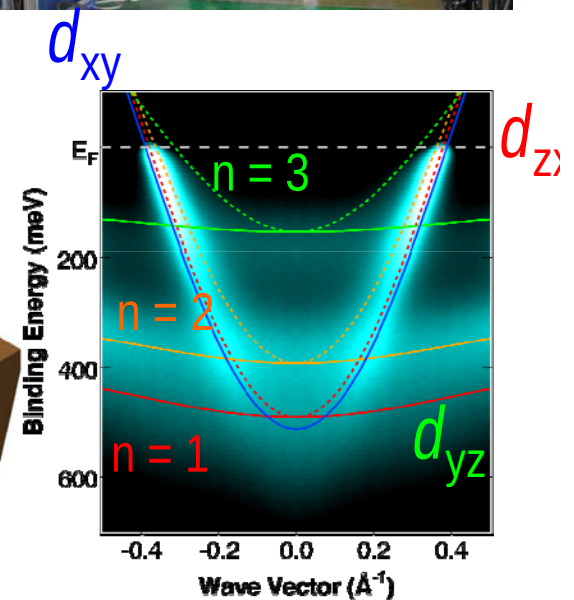
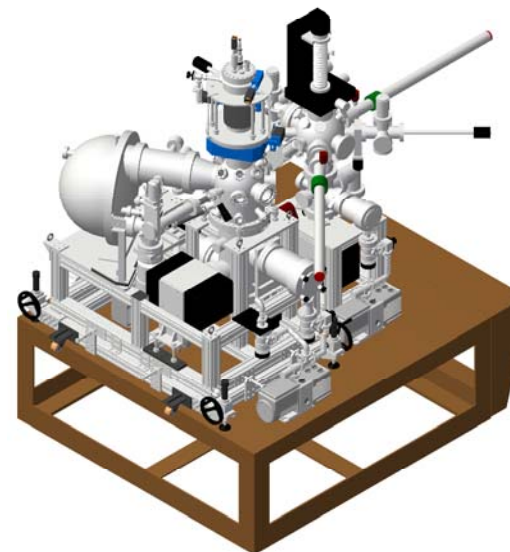
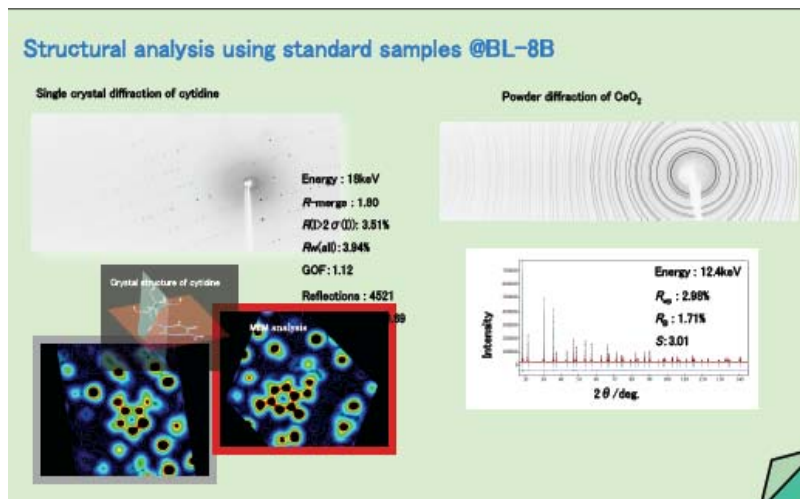
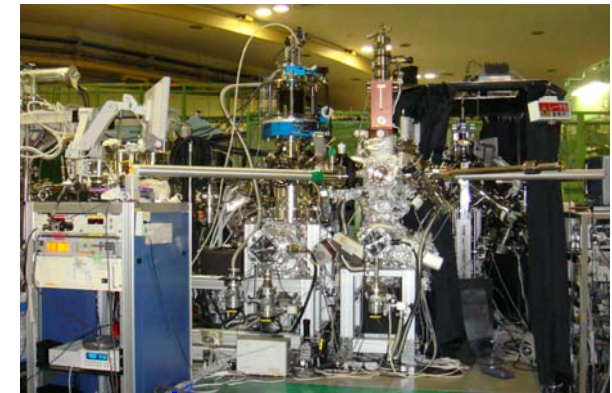
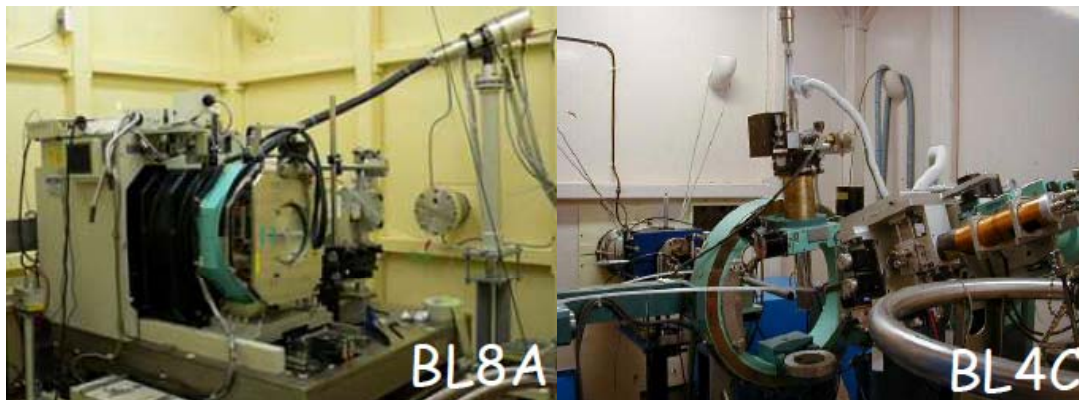


KEK元素戦略ビームライン:放射光(PF)



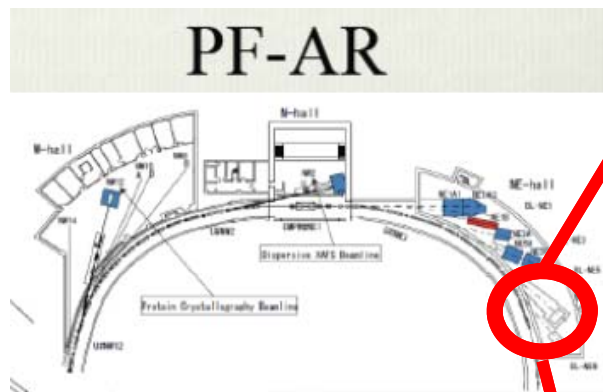
KEK元素戦略ビームライン:放射光(PF)

硬X線(回折)から軟X線・真空紫外光(分光)まで
X線構造解析から電子構造解析まで



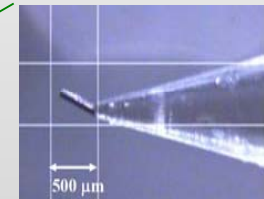
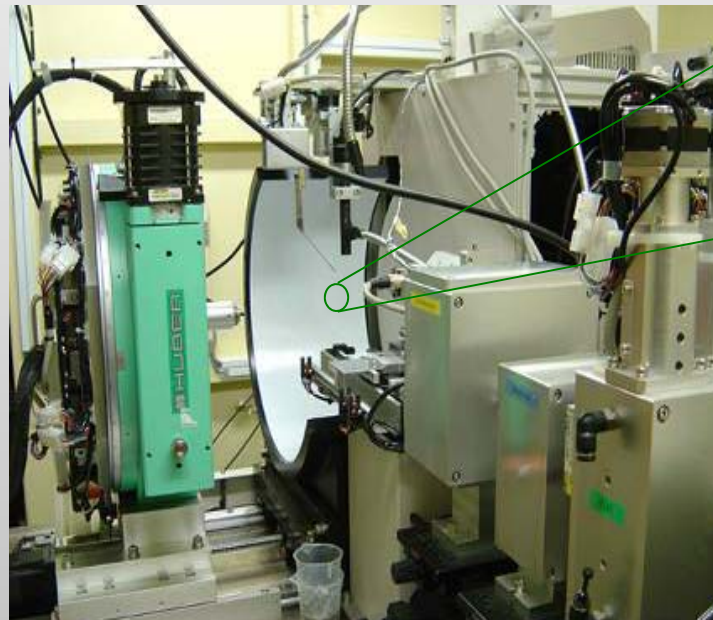
KEK元素戦略ビームライン:放射光(PF)

高エネルギーX線構造解析用回折計を元素戦略用に新設
外場下でのその場観察



6.5 GeV
AR-NE7
 $E = 25 - 55 \text{ keV}$
 $\Delta E/E = 10^{-3}$
光子数: $10^9 \text{ photons/mm}^2/\text{s}$
($E = 30 \text{ keV}$)

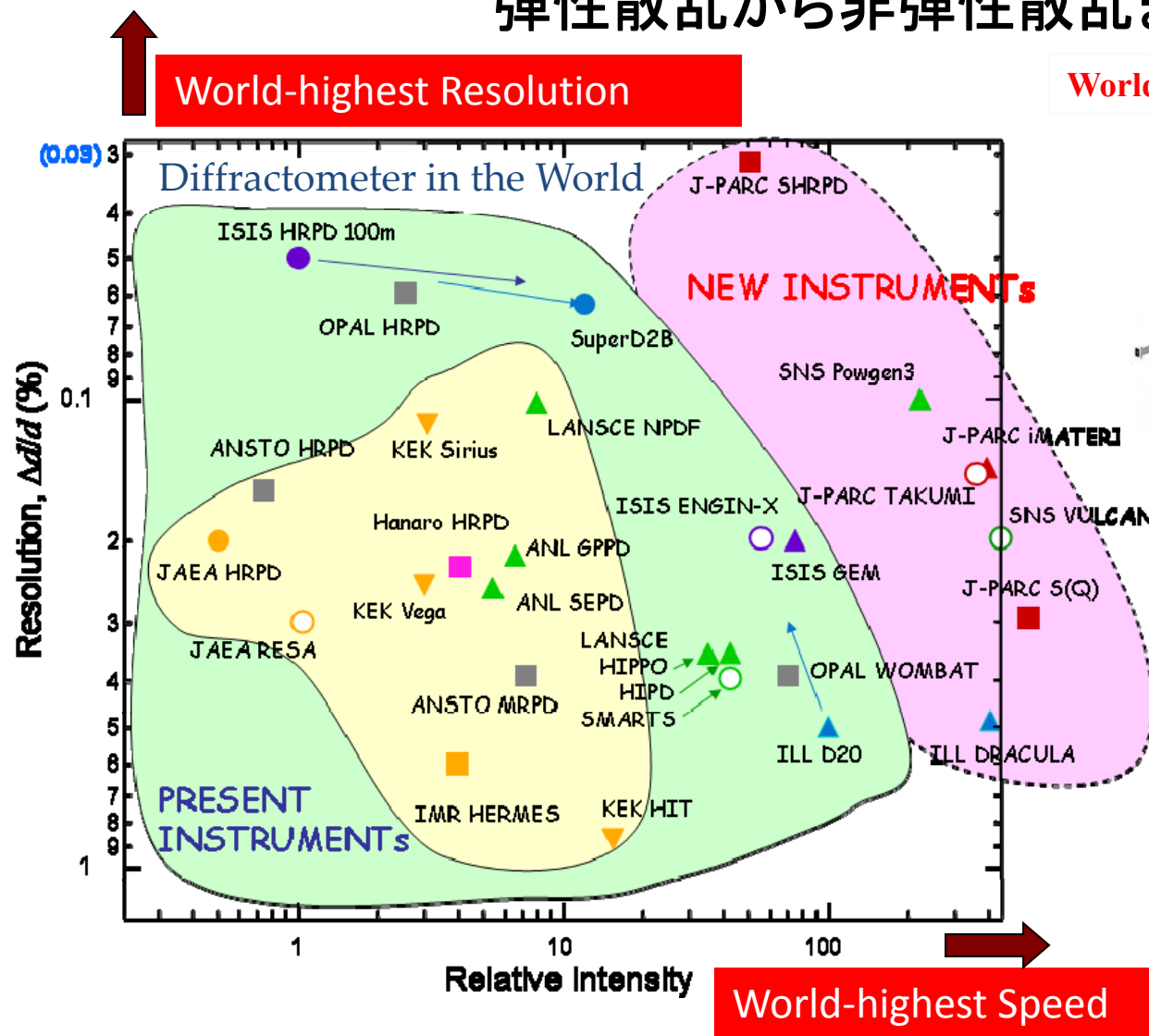
New Diffractometer



PF-AR
高エネルギー領域
構造解析回折計

KEK元素戦略ビームライン: 中性子

超高分解能中性子構造解析から高分解能励起構造解析まで
弾性散乱から非弾性散乱まで



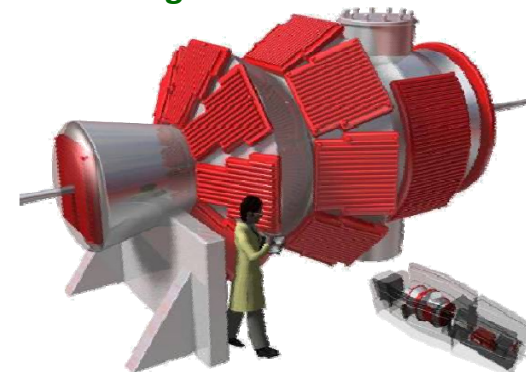
SHRPD

World highest resolution ($\Delta d/d=0.035\%$)



NOVA

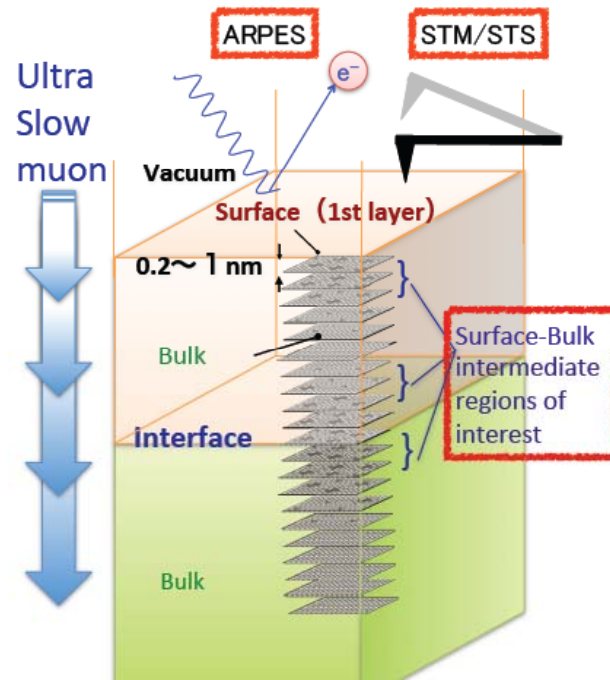
Wide-Q measurement including small angle scattering : $0.01 \text{ \AA}^{-1} \sim 100 \text{ \AA}^{-1}$



High Resolution Chopper Spectrometer (HRC)

KEK元素戦略ビームライン:ミュオン

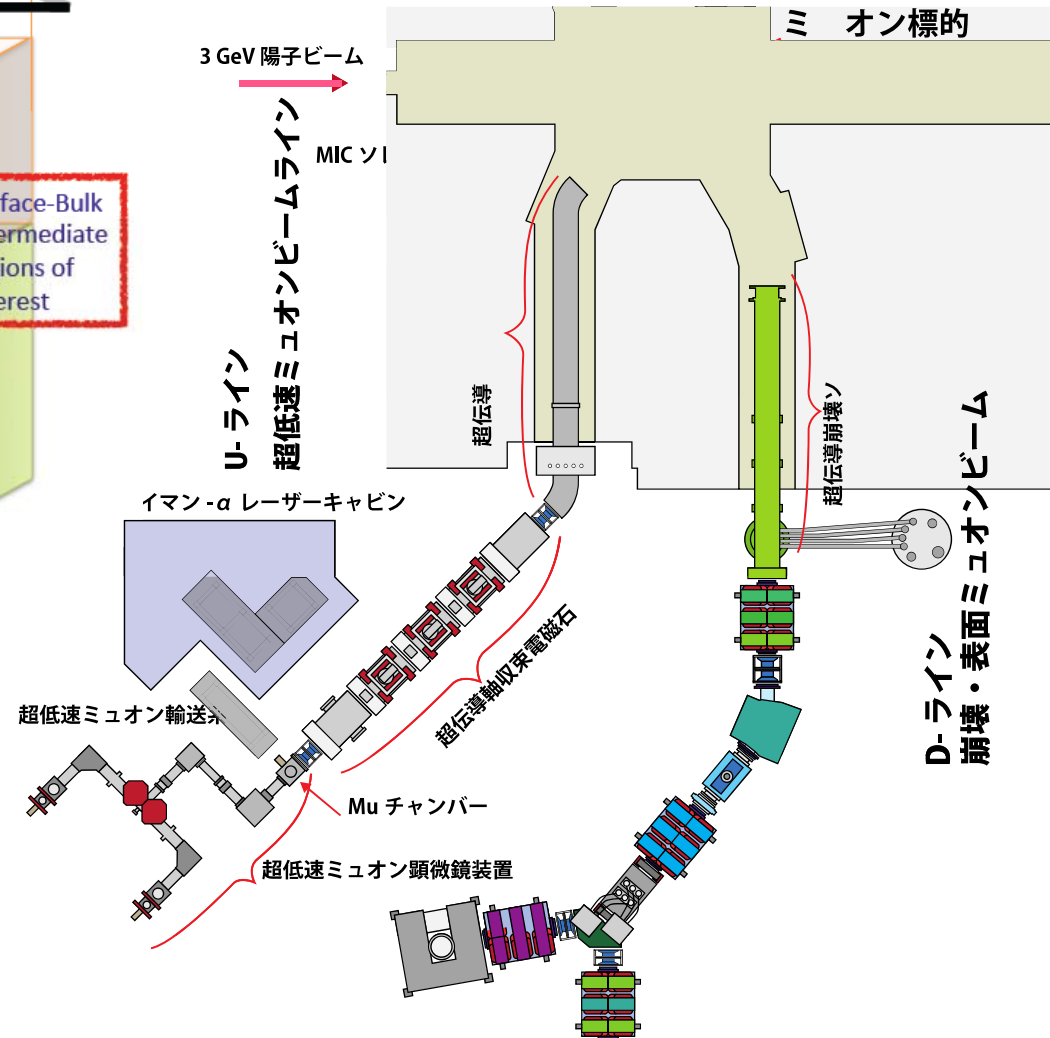
超低速 ミュオンの 利用



S-Lineの整備

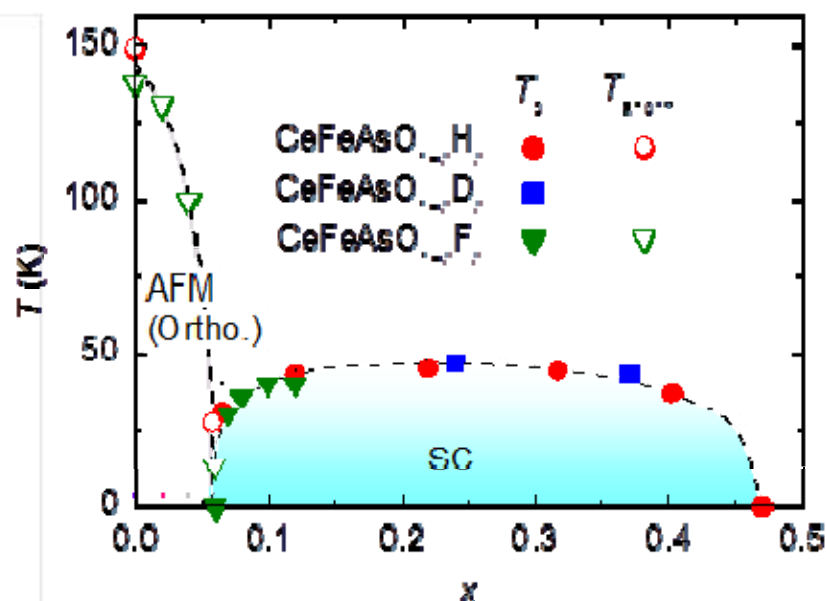
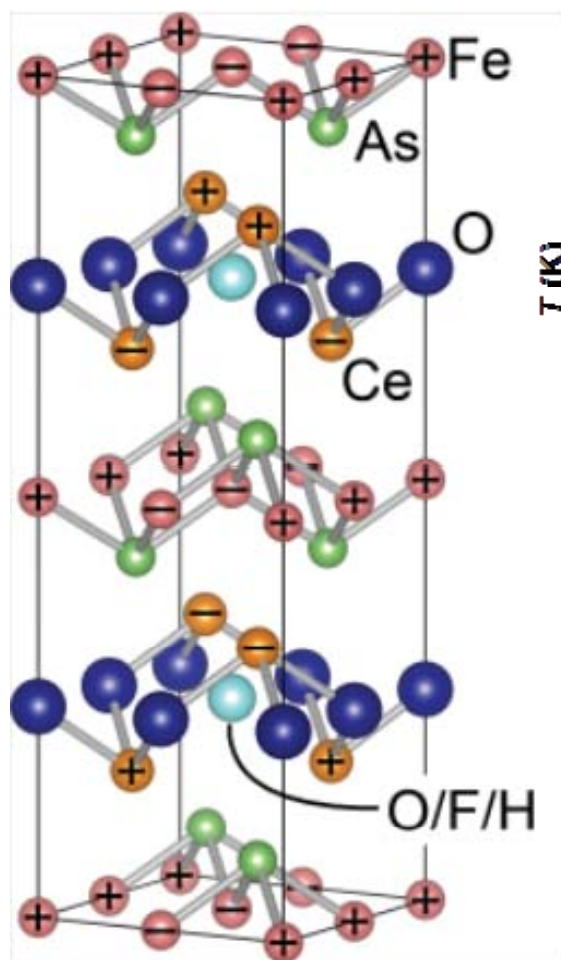
複数の高性能BLで多彩な
 μ SR物質科学を展開

- 高時間分解能 μ SR
- パルス強磁場下 μ SR
- パルスレーザー励起下 μ SR



KEKで中心的に取り組んでいる研究1

H⁻サイエンス: 水素と電子自由度秩序

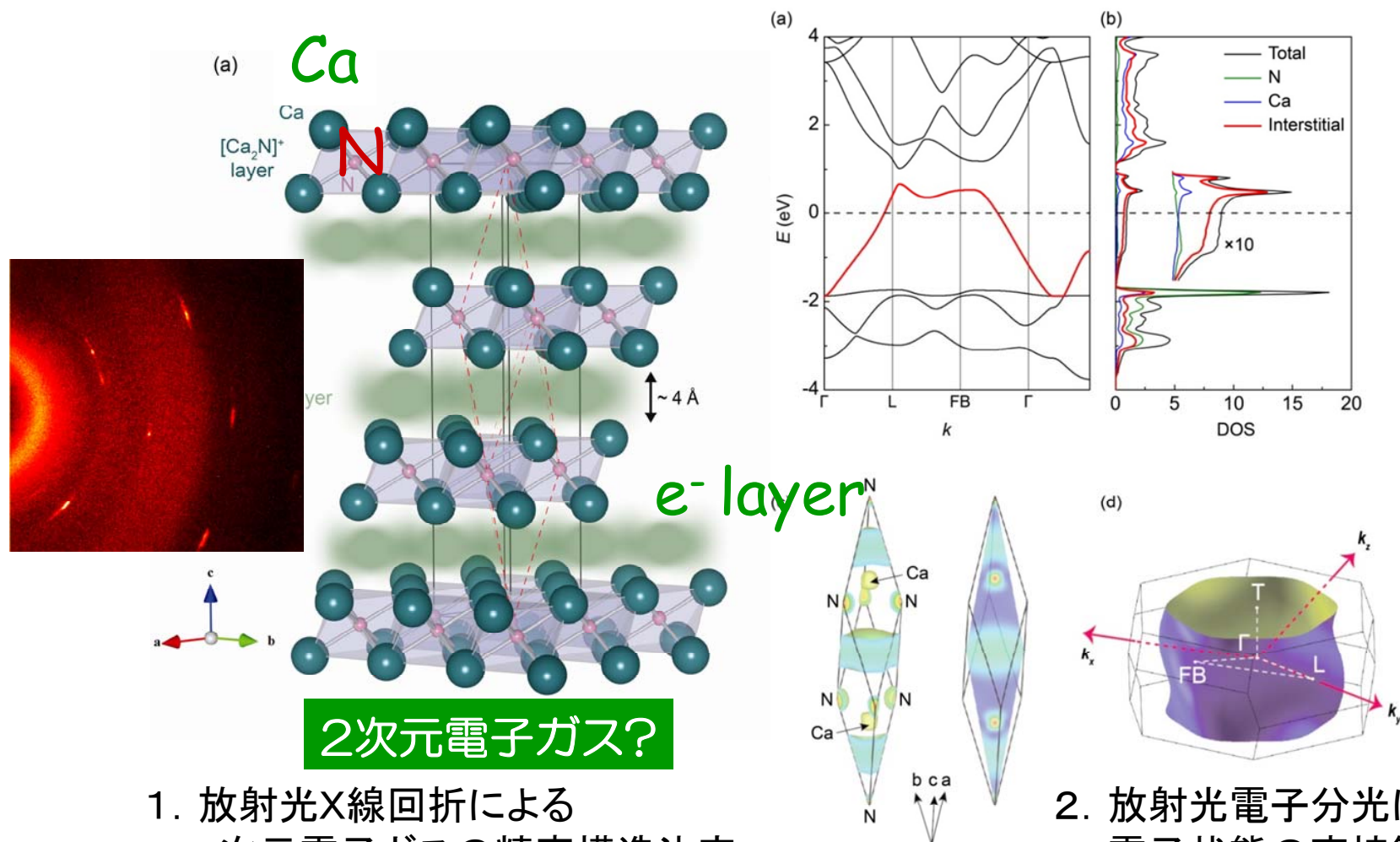


水素が有効な
電子ドナーとなる

1. 放射光による精密局所構造決定
2. 中性子による酸素、水素位置の精密決定
3. ミュオンによる水素状態の検知、超伝導パラメータの決定
4. 超伝導メカニズム: **軌道揺らぎ**へのアプローチ
中性子非弾性散乱、共鳴非弾性X線散乱

KEKで中心的に取り組んでいる研究2

2次元エレクトライド: Ca_2N

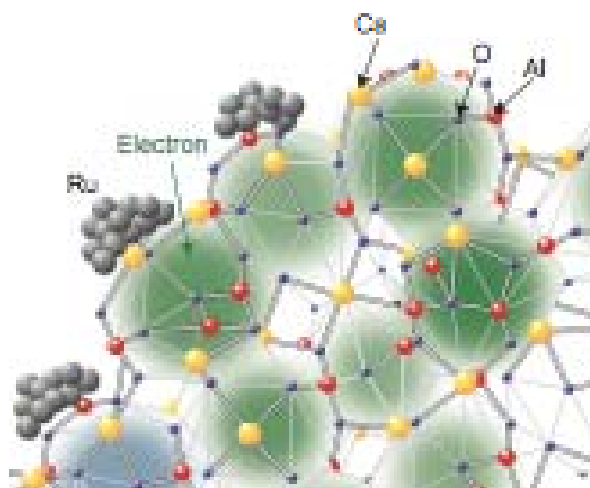


2次元電子ガス?

1. 放射光X線回折による
2次元電子ガスの精密構造決定
2. 放射光電子分光による
電子状態の直接観測
3. 放射光・中性子非弾性散乱による電子ガス励起構造の観測

KEKで中心的に取り組んでいる研究3

Ru/C12A7触媒によるアンモニア合成

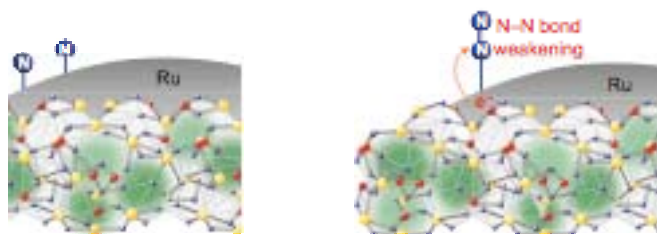


XANES Spectra

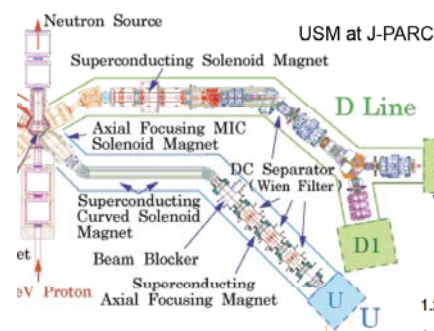
Ru K端

Ru-C12A7のXAFS測定

N₂ or N ? を見る: N 1s XPS, (N K-edge NEXAFS)

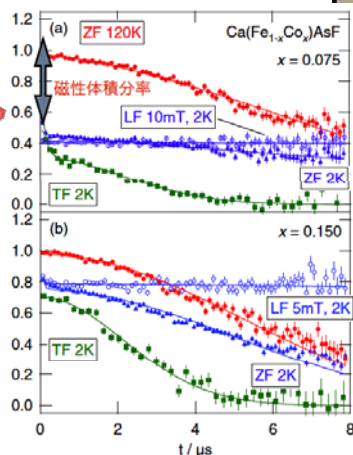


新物質の迅速な精密構造解析サイクル



ミュオン

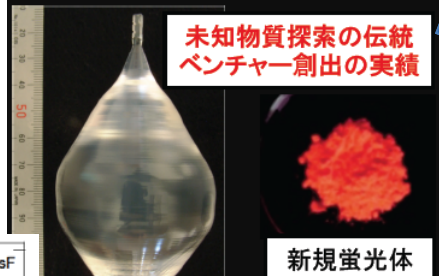
透過電子顕微鏡装置群
ローレンツ顕微鏡等の特殊装置



NIMSビームライン@Spring-8
硬X線光電子分光・低真空実環境計測

結晶成長・物質合成

未知物質探索の伝統
ベンチャー創出の実績



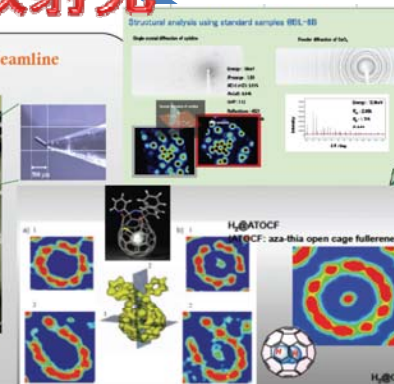
新規蛍光体

バルク単結晶成長

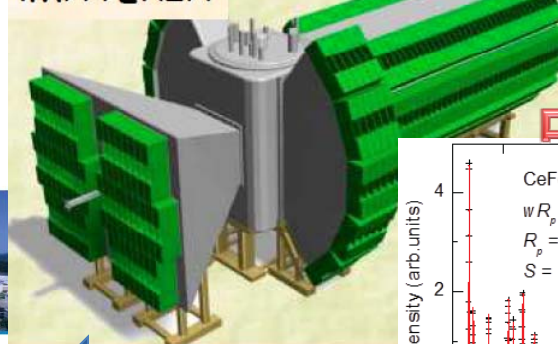
理論

放射光

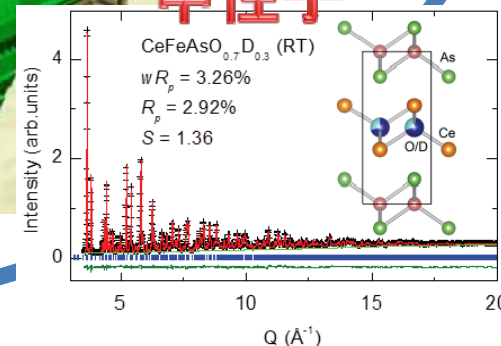
Crystal Structure Analysis Beamline



IMATERIA

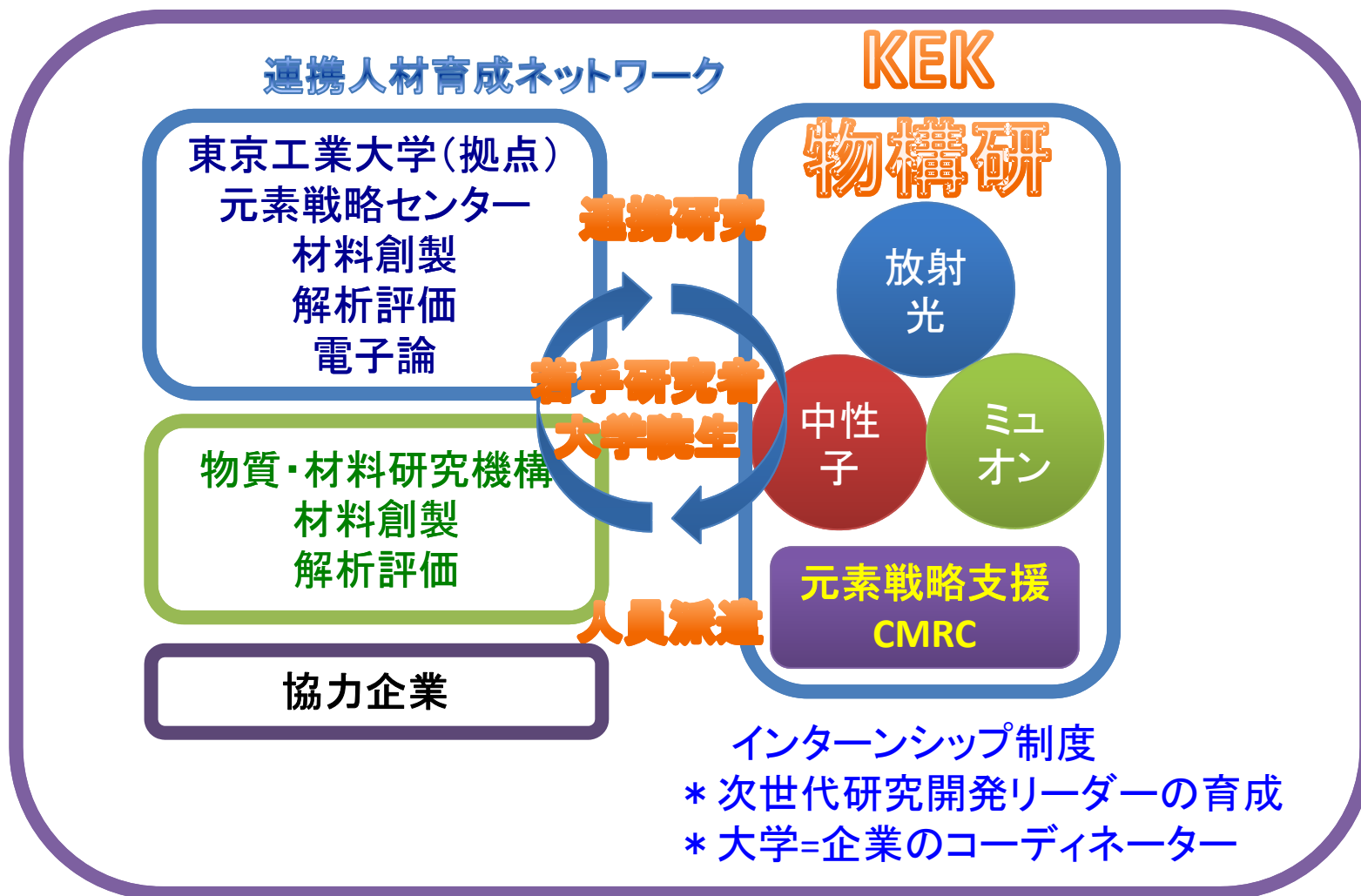


中性子



NIMS, JAEA, CROSS, Ibaraki, RIKEN, SPring-8との協働

元素戦略における量子ビーム人材育成



放射光・中性子・ミュオンの利用

放射光

S2課題「元素戦略プロジェクト電子材料領域における放射光利用研究：軽元素アニオン系における機能発現機構の解明」

G型課題（一般課題）による申請

優先利用「元素戦略プロジェクト電子材料領域」
通常の施設利用の半額利用

中性子

KEK中性子（KENS）S型課題による利用

CROSS元素戦略課題による利用

「Neutron-scattering research on element-strategy project for electronic materials」

J-PARC/MLFへの一般課題申請による利用

ミュオン

TRIUMF(カナダ)、PSI(スイス)、RIKEN/RAL(日本・イギリス)、J-PARC/MLFへの一般課題申請による利用

Approved beamtime: 5月@RIKEN/RAL, 6月: TRIUMF, X月: J-PARC

KEKミュオンS型課題による利用は2014年から
(ビームライン・分光器建設中)