

# 次世代放射光計画の 概要



土地造成の現状

2020年7月

高田昌樹  
東北大学  
国際放射光イノベーションスマート  
研究センター



100m

2023年X月

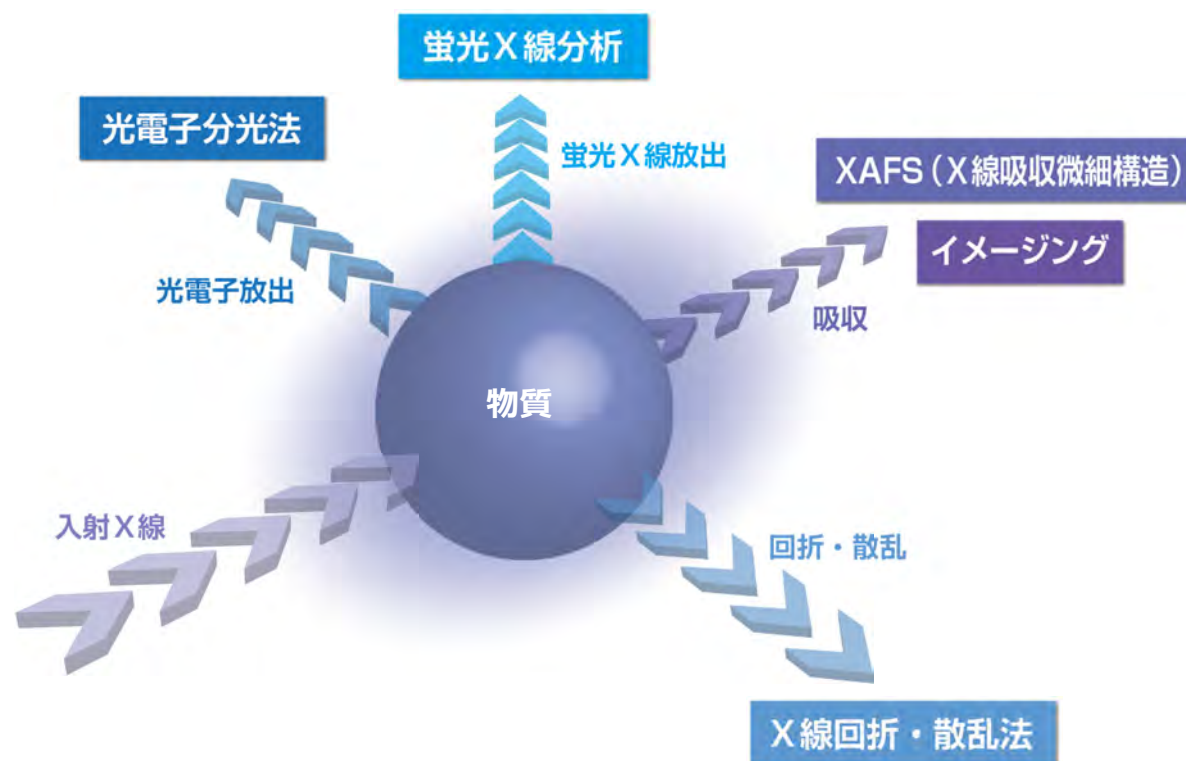
# 次世代放射光施設の特長

1. 既存施設を上回る**性能**
2. 高い**利便性**
3. 広い利用分野への**親和性**
4. 高い**アベイラビリティ**
5. 参画機関の**多様性**
6. 高い**経済合理性**

# 1. 既存施設を上回る性能

## 放射光(超高輝度X線)の性能

輝度: 実験室の装置の10億倍、SPring-8の100倍  
分解能: ミクロンからナノまで  
検出速度: ミリ秒から50ピコ秒まで



# 100倍明るい光で「モノの見え方」が変わる。

- 次世代放射光は、国産の先端技術の粋を集めた、最新の加速器技術を採用。
- 世界でも明るいと言われたSPring-8を100倍上回る光の輝度を 実現する。
- 光の計測機器の発展で、より高精細で大量のデータが高速で得られるようになる。
- ナノの世界での“モノの見え方”を大きく変える。

2023年運用開始でSPring-8とともに、光の先端を拓く

**SPring-8、SACLAで磨いた技術で100倍の性能差を一気に逆転する。**



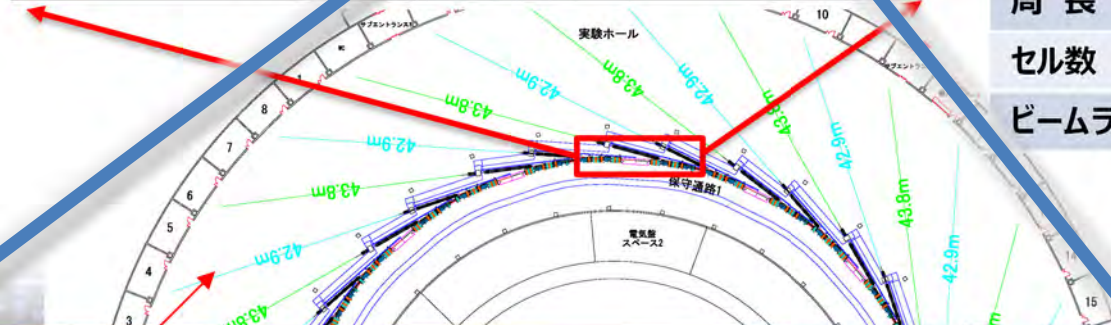
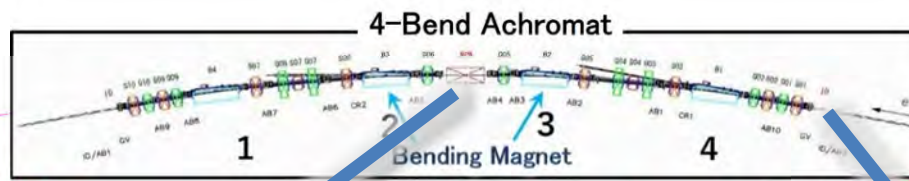
# 電子加速器、蓄積リングの設計はほぼ終了

SACLA & SPring-8の技術を結集しコンパクトで  
高性能な加速器を実現

電子エネルギー	3 GeV
蓄積電流	400 mA
方式	4 ベント・ア クロマツ
エミッタンス	1.1 nmrad
周 長	348.8 m
セル数	16
ビームライン数	26



加速器グループリー  
ダー  
田中 均  
(QST/RIKEN)



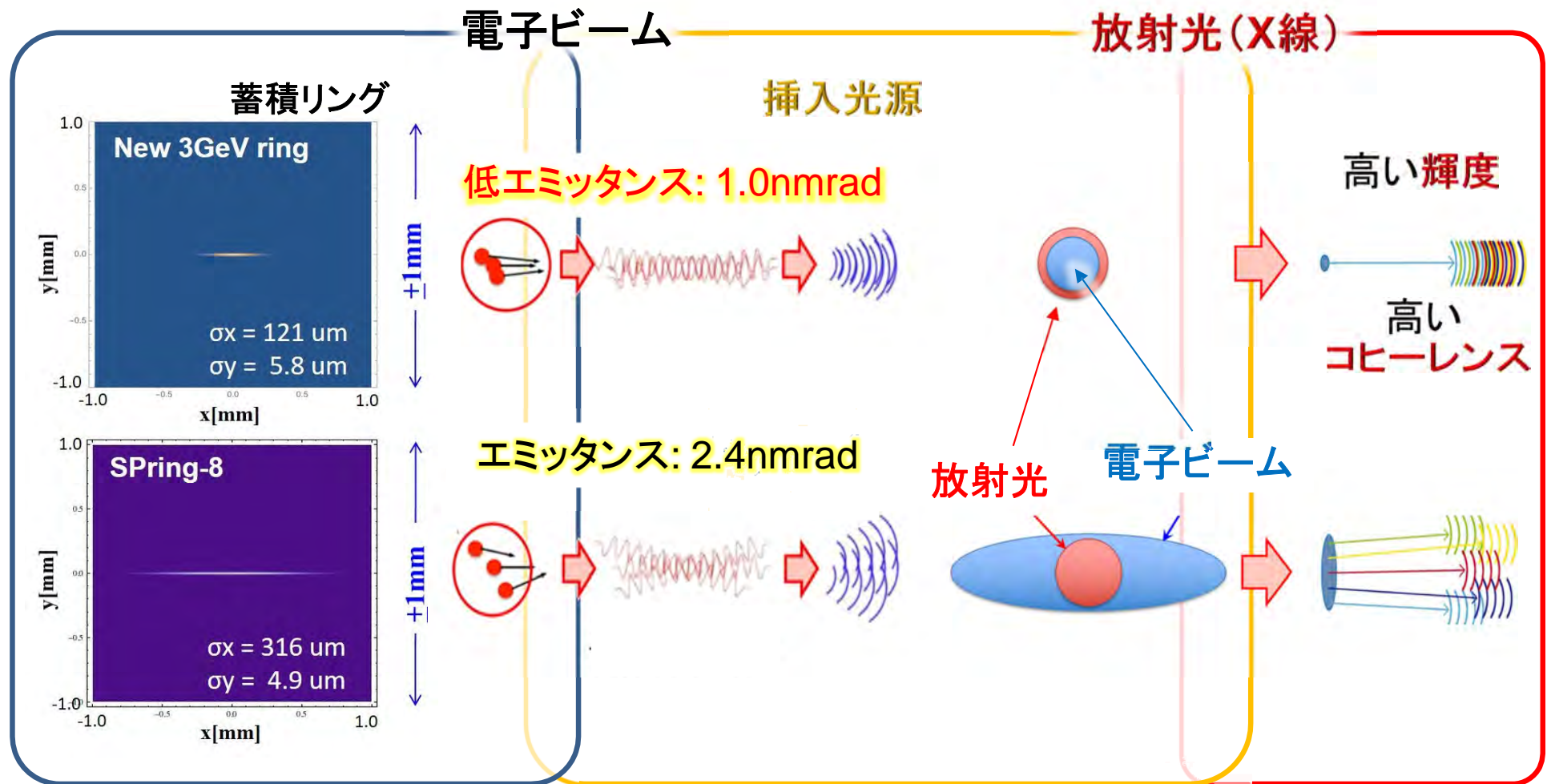
加速器



C-バンド直線加速器 (110m) フルエネルギー入射

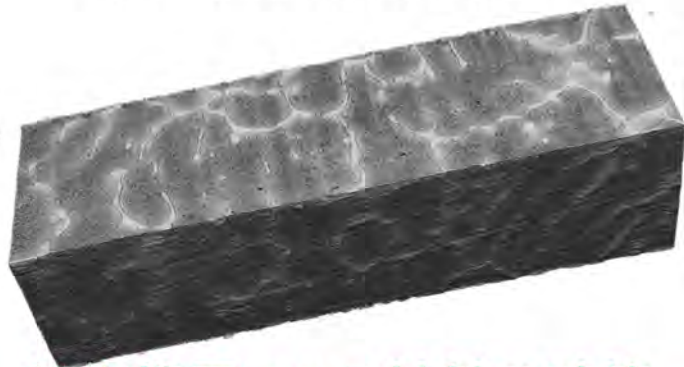
# 低エミッタンス電子ビーム: SPring-8の100倍輝度とコヒーレンス(可干渉性)をもたらす光源

光源(電子ビーム)が絞られる(低エミッタンス)と、放射光の波が揃う



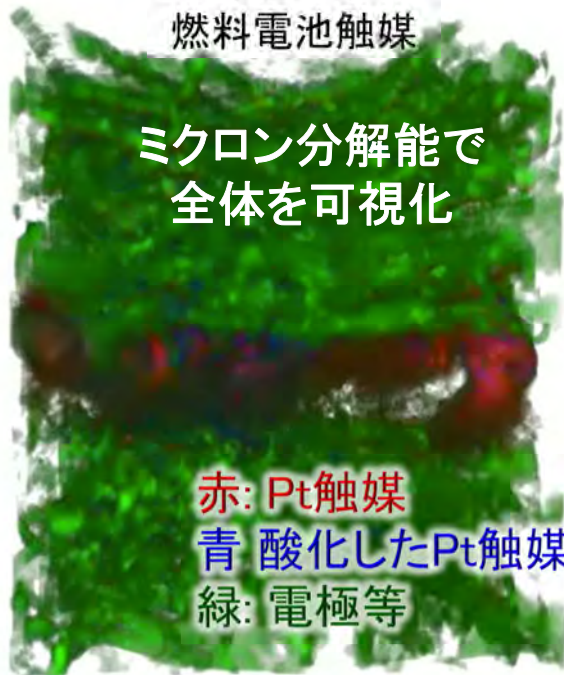
# 資源・素材分野を支援する 次世代放射光の放射光のナノの可視化.

耐久性、機械強度



航空機用アルミ材料の破壊

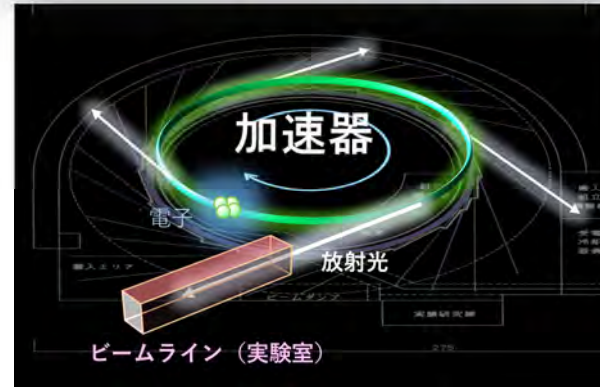
エネルギー  
燃料電池触媒



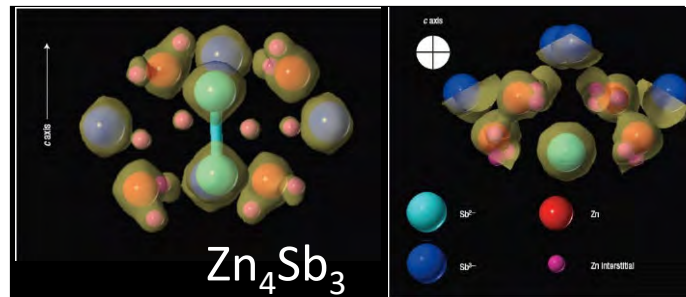
ミクロン分解能で  
全体を可視化

加速器で、  
電子を光のスピードに加速

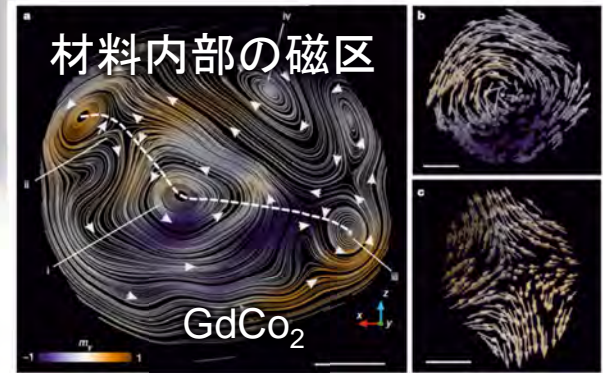
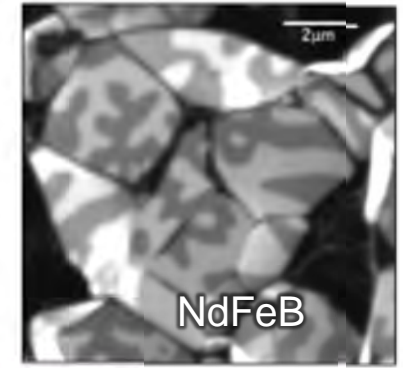
電子が曲がる時  
放射光がうまれる



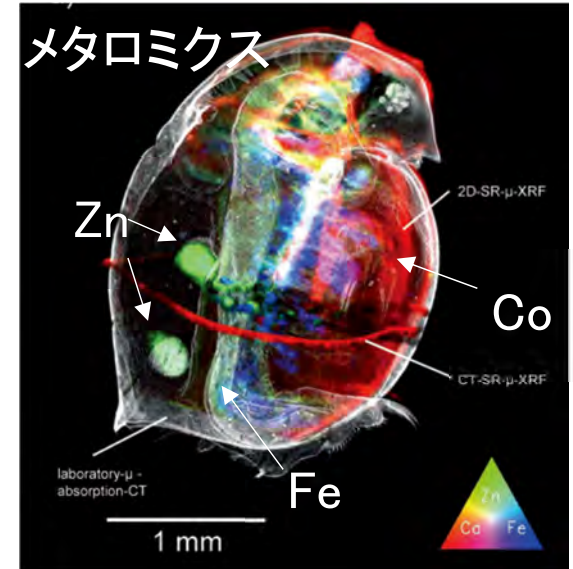
電子密度解析  
熱電材料



磁性



環境



## 2. 高い利便性

立地: 東北大学青葉山キャンパス内  
最寄り駅: 地下鉄東西線 青葉山駅

東京駅から約2時間





### 3. 広い利用分野への親和性

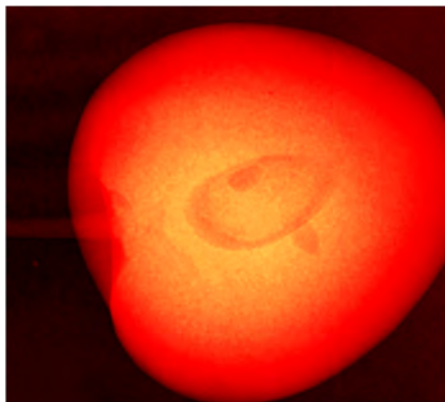
# 産業界の課題を解決し、 技術の価値を“見える化”するツール

科学的に画期的。でも、顧客は、それに価値を見出すか？

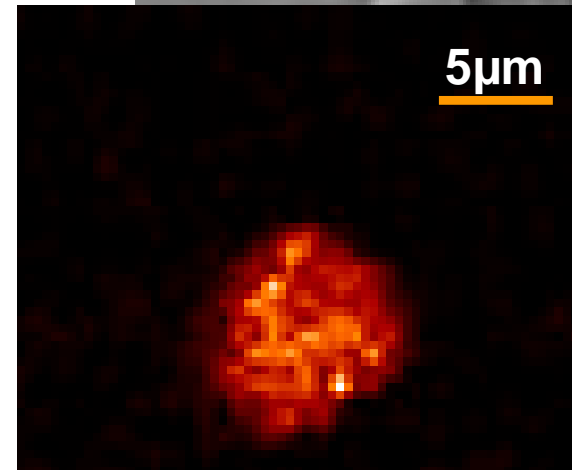
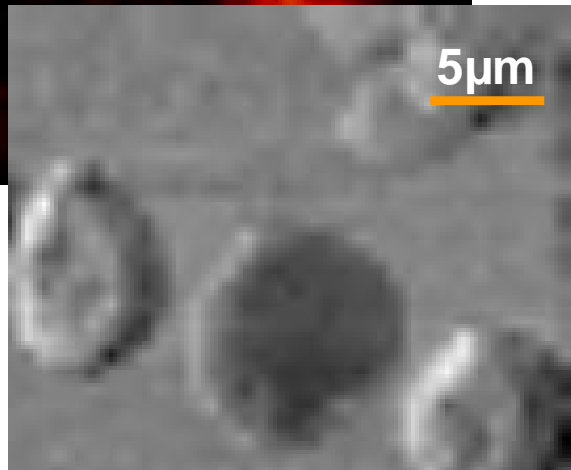
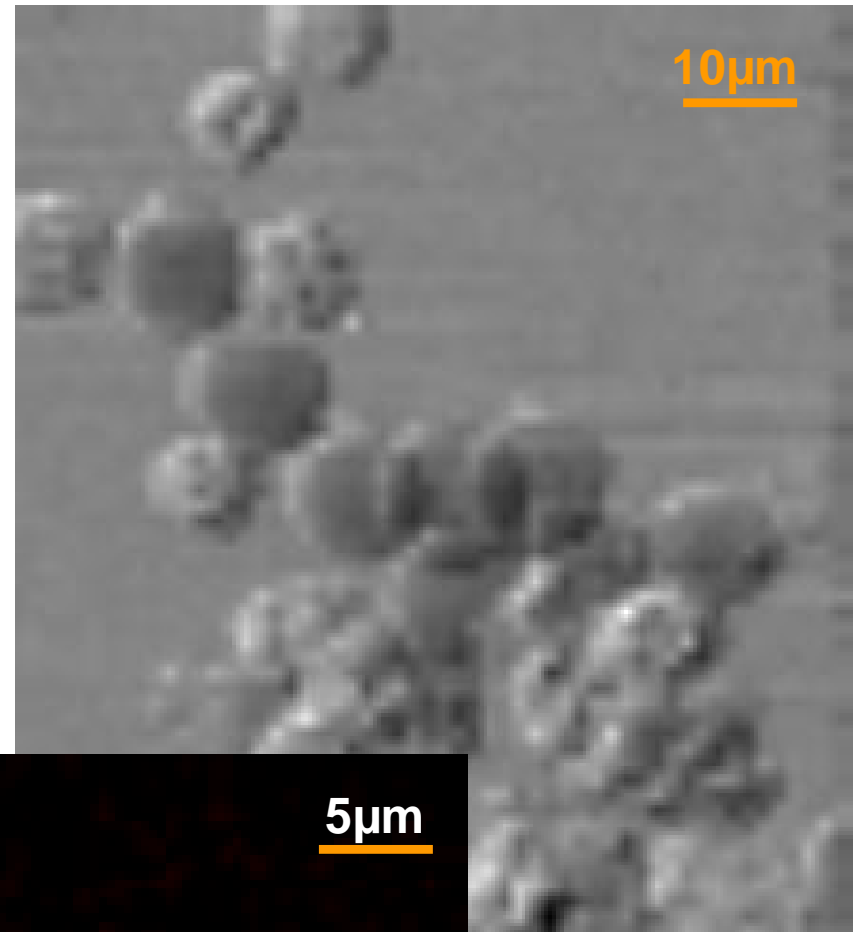
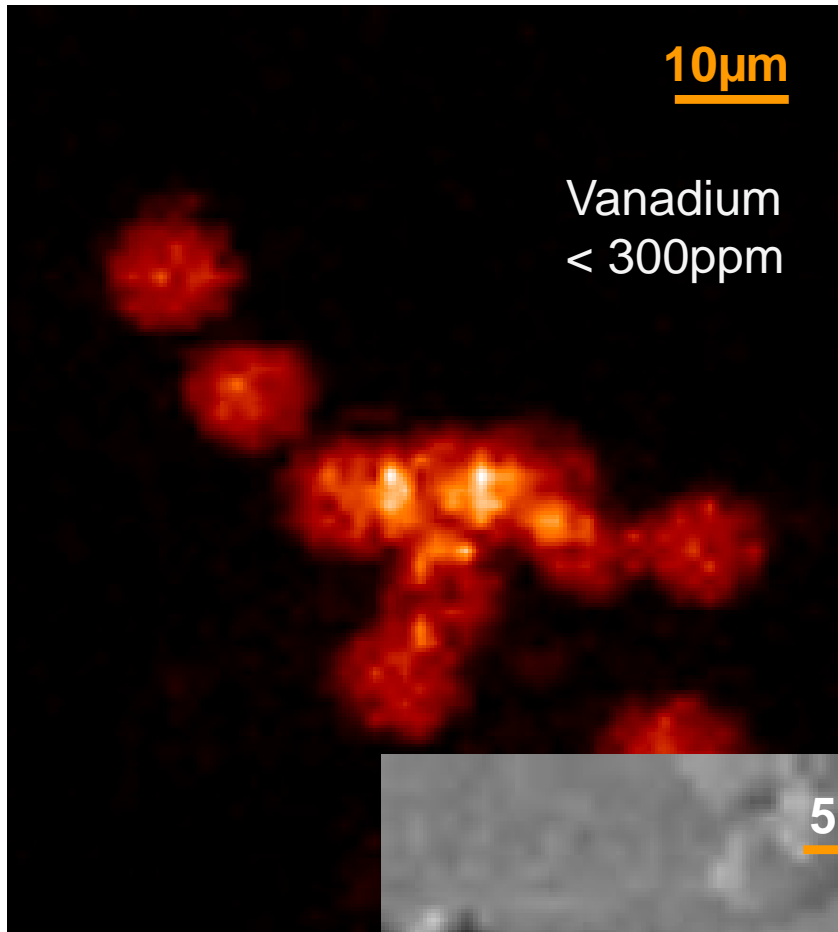
- 基礎科学者や企業の研究者は顧客価値について、よくわからない。
- マーケティング管理者や営業管理者は科学技術を理解できないことが多い。

基礎科学者や企業の研究者にとって科学的あるいは技術的に優れている製品が、ビジネスとして成り立つような顧客にとって価値ある商品になるかを判断するには、マーケティング管理者や営業管理者などとの協働や意味づけが不可欠。

その価値を“見える化”するのが次世代放射光



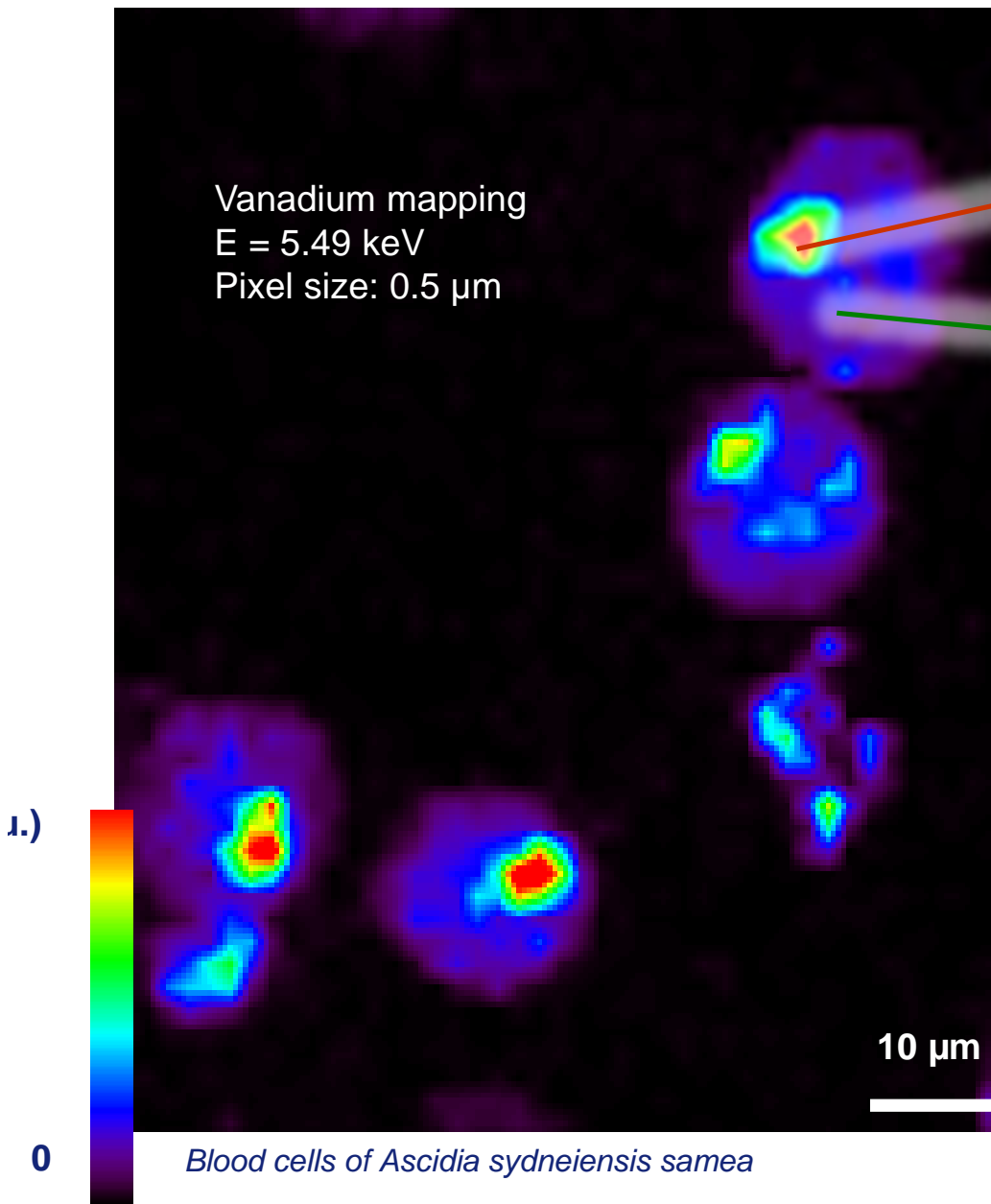
# 放射光がバナジウムが入っている血液細胞を見える化する



T. Ueki *et al.*,  
*Zoological Sciences*  
19 (2002)

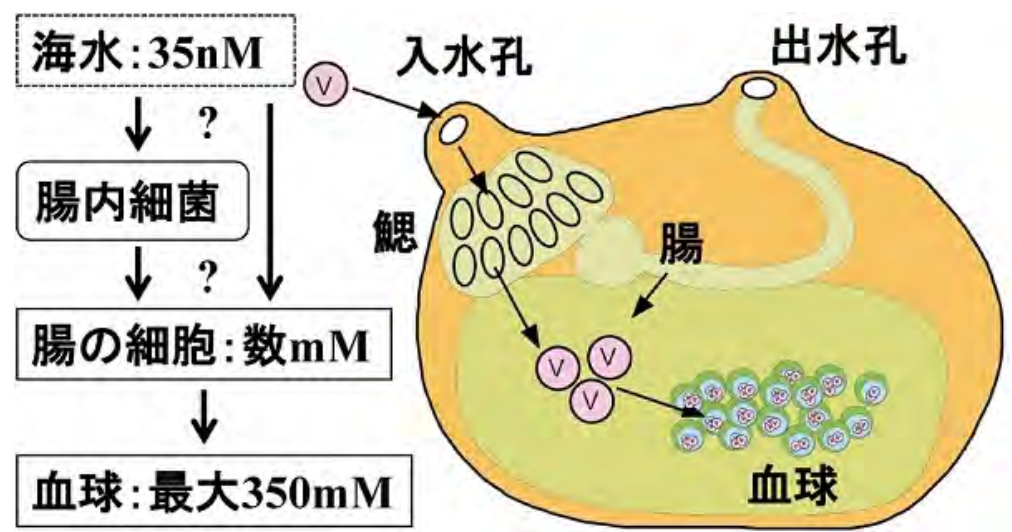


# バナジウムはホヤの中で安定な金属イオンになる



$V^{5+}$  (5価)

$V^{3+}$  (3価)



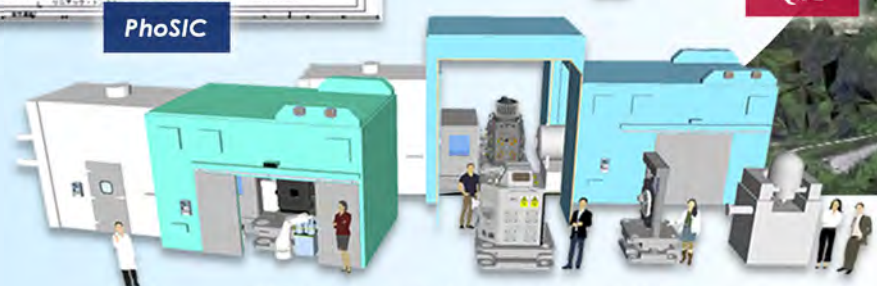
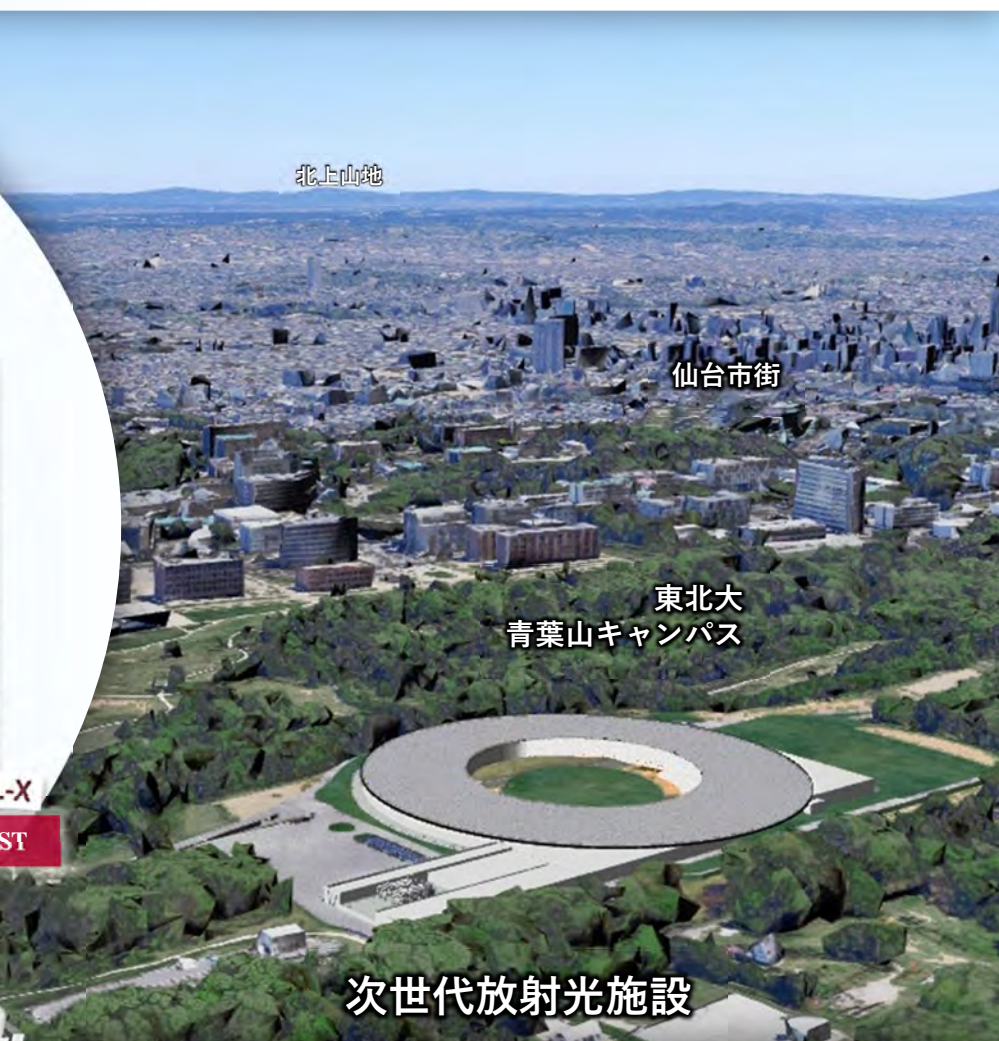
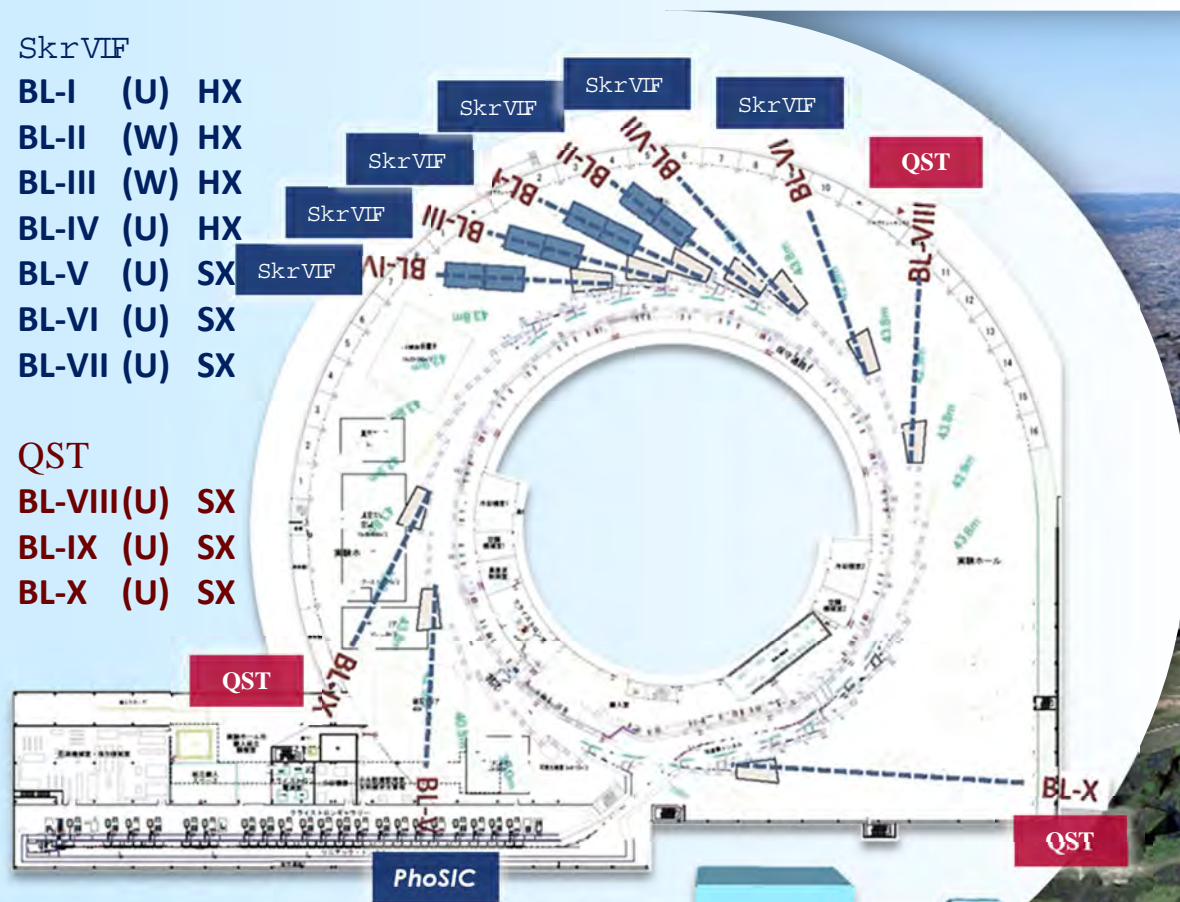
# 次世代放射光施設ビームライン配置 と 基本建屋概観

SkrVIF

- BL-I (U) HX
- BL-II (W) HX
- BL-III (W) HX
- BL-IV (U) HX
- BL-V (U) SX
- BL-VI (U) SX
- BL-VII (U) SX

QST

- BL-VIII(U) SX
- BL-IX (U) SX
- BL-X (U) SX



分岐ビームライン (イメージ)

# 次世代放射光施設の光の特長

## ① 元素選択性の範囲が拡大する

硬X線向きのSPring-8 (8GeV)とは異なるエネルギー範囲にあるLi, C, O, Na, Mg, Al, Si, P, S等の軽元素と、重元素の外殻電子の電子状態が観測可能になる。

## ② 輝度が100倍になる

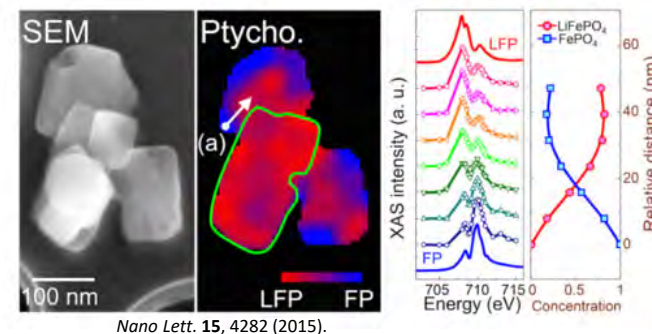
「高時間・空間分解計測」、「その場観察、オペランド計測」が可能となる。計測限界、計測精度が向上する。

## ③ 集光サイズがシングルナノになる

シングルナノの顕微分析が低エミッタンス (~1.0nmrad) 光源で実現する。

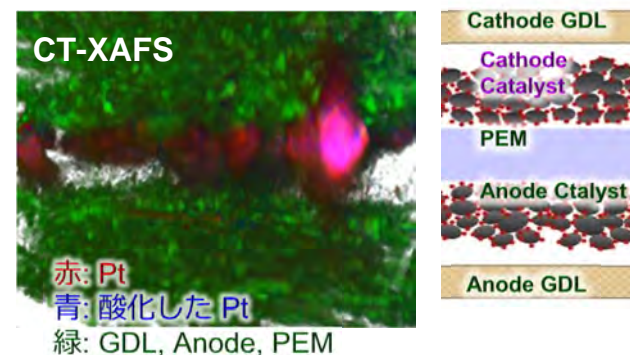
## ④ コヒーレンスが100倍になる

不均一構造や組織構造がナノで可視化が可能となる。ダイナミクスの可視化が可能となる。



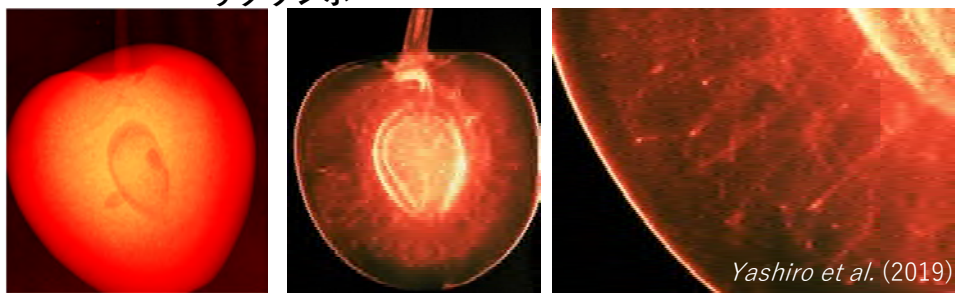
Nano Lett. 15, 4282 (2015).

Liイオン電池の充放電中のナノ粒子の化学状態の変化



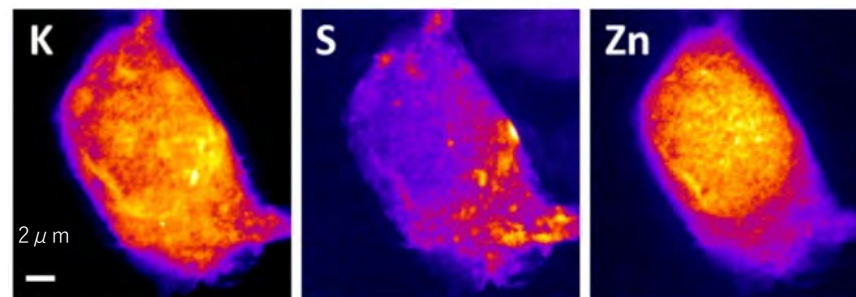
燃料電池セル内部のPtの化学状態  
SPring-8 Uruga and Tada et.al.

## サクランボ



通常のX線透過像

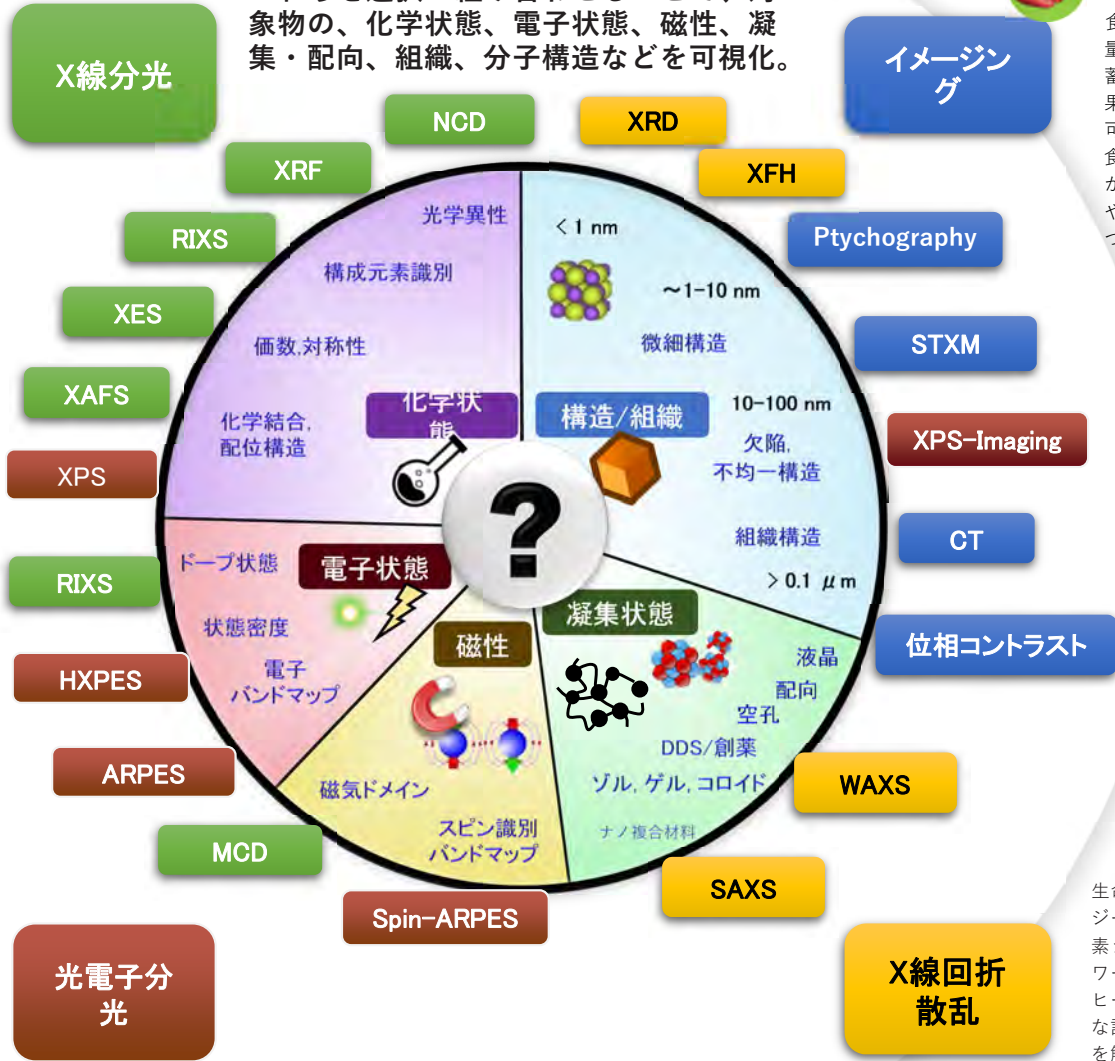
コヒーレント光利用位相コントラスト像  
通道組織なども鮮明に観測可能



ナノビームのスキャンによる凍結乾燥神経細胞の元素分布  
ESRF Caroline Bissardon et.al.

# 放射光の特長を活かした計測手法と応用研究の事例

計測手法は、分光、光電子分光、X線回折・散乱、イメージングに大別され、これらを選択・組み合わせることで、対象物の、化学状態、電子状態、磁性、凝集・配向、組織、分子構造などを可視化。



## 食の安全と高付加価値化の実現

食品に含まれる微量の元素分布や蓄積過程の可視化、果実の通道組織の可視化等により、食品の栄養素研究が進み、品種改良や栽培法の確立につながります。



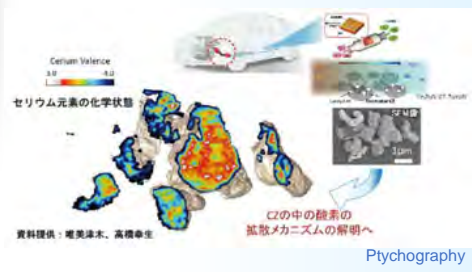
## 高いコヒーレント性を用いた非破壊の品質管理

デバイスではナノの欠陥が一つでもあると、動作不良の原因となります。コヒーレント光はナノの高精細な画像の可視化を可能にし、AI技術と融合して、これまで見つけることが難しかったナノの欠陥を診ることを可能にします。



## 排ガス触媒の機能をナノで創る

触媒粒子の一粒一粒について、化学状態を、三次元マッピングしたデータとして計測することが可能となります。これらビッグデータを扱う情報科学との融合によって、ナノスケールでの反応機構の解明、そして機能のデザインに繋がります。



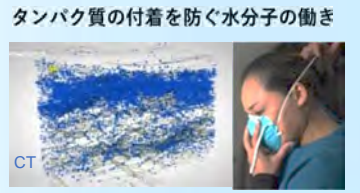
## 健康を守る

創薬・製薬に貢献することはもちろん、体外式人工肺中での血栓発生の原因を解明して機能向上につなげたり、N95マスク材料中での、微粒子の拡散の様子を明らかにするなど、様々な面から健康を守る研究開発を支えます。



## 生命科学・バイオテクノロジー

生命科学・バイオテクノロジーにおいて重要な、軽元素からなる階層的ネットワーク構造の可視化は、コヒーレント光を用いた新たな計測手法と膨大なデータを解析する情報科学との融合によって可能となります。



N95マスクによる微粒子の捕獲 (Hye Ryoung Lee et al.)

# 次世代放射光施設ビームライン Lineup

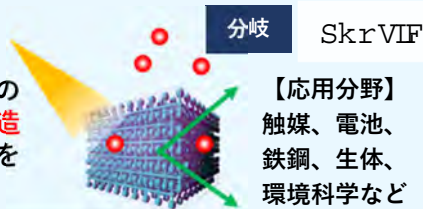
【分担】 光科学イノベーションセンター(PhoSIC)が7本、量子科学技術研究開発機構(QST)が3本の計10本

【分岐】 PhoSICのBL-I, II, III, V, VI, VIIの6本のビームラインは、各々、光源性能を最大限活用するマスターラインと、マスターラインに大きな影響を与えない範囲で残りのビームを有効利用するスレーブラインに**分岐**して利用者を増やす予定

## BL-I x線オペランド分光

Beam Size: 100nm  
硬X線: 2-20 keV  
大気圧XPS,  
大気圧XAFS  
XRD

反応・動作条件下の  
材料内部の**結晶構造**  
と**電子状態**の両方を  
決定

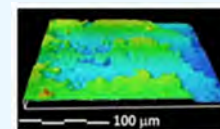


【応用分野】  
触媒、電池、  
鉄鋼、生体、  
環境科学など

## BL-VI 軟x線電子状態解析

Beam Size:  
<50nm  
軟X線: 0.05-1 keV  
Nano-XPS,  
RIXS

オペランドで**液相・固相の反応・機能の**主役となる**電子状態**可視化



ゴム/金属界面

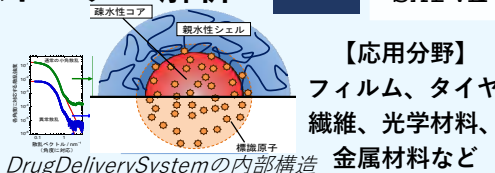
分岐 SkrVIF

【応用分野】  
電池触媒、水  
処理膜、生体  
親和材料など

## BL-II x線構造-電子状態トータル解析

Beam Size: 50 μm  
硬X線: 2-20 keV  
STXM, XAFS  
SAXS, WAXS

配向・凝集状態  
と  
電子・化学状態



DrugDeliverySystemの内部構造

分岐 SkrVIF

【応用分野】  
フィルム、タイヤ、  
繊維、光学材料、  
金属材料など

## BL-VII 軟x線オペランド分光

Beam Size: <50nm  
軟X線: 0.13-2 keV (偏光に依存)  
準大気圧XPS,  
準大気圧XAFS  
XPS,

反応・動作条件下での  
材料表面の**オペランド**  
**化学状態解析**

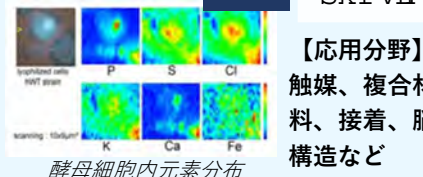
分岐 SkrVIF

【応用分野】  
触媒、電池、人工  
バイオ材、水素エ  
ネルギーなど

## BL-III x線階層的構造解析

Beam Size: 50 μm  
硬X線: 4.4-30 keV  
key Phase Contrast  
imaging, XRF imaging, SXFM,  
XFH, XRD, SAXS, WAXS, CT

元素分布  
化学状態  
階層構造



酵母細胞内元素分布

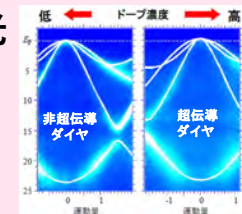
分岐 SkrVIF

【応用分野】  
触媒、複合材  
料、接着、脳  
構造など

## BL-VIII 軟x線ナノ光電子分光

Beam Size: 50nm-10 μm  
軟X線: 0.05-1 keV  
Nano-Spin-ARPES,

半導体や材料の  
電子状態・電子  
スピン状態



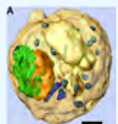
QST

【応用分野】  
ナノスピント  
ロニクス、固  
体物理など

## BL-IV x線コヒーレントイメージング

Beam Size: 100nm or 50 μm  
硬X線: 2-20 keV (偏光に依存)  
X-ray Ptychography(XPG)  
XPG-XAFS, XMCD

3Dナノ構造  
機能相関



酵母胞子の内部構造

SkrVIF

【応用分野】  
排ガス触媒、  
細胞、電池、  
ナノ材料など

## BL-IX 軟x線ナノ吸収分光

Beam Size: 50nm-10 μm  
軟X線: 0.13-2 keV (偏光に依存)  
XAS, XMCD/XMLD,  
MO Kerr effect,

磁性の**高速計測・**  
**ダイナミクス計測**

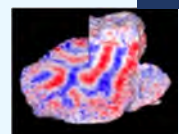
QST

【応用分野】  
磁性材料、スピ  
ントロニクス、固  
体物理など

## BL-V 軟x線磁気イメージング

Beam Size: <50nm  
軟X線: 0.18-2 keV (偏光に依存)  
X-ray Phase Contrast imaging  
SXFM, XMCD/XMLD imaging  
XNCD imaging, MO Kerr effect

磁気構造・  
磁区、光学  
異性体分布



磁石粒子の磁区

分岐 SkrVIF

【応用分野】  
ストレージ、  
モータ、微生物  
など

## BL-X 軟x線超高分解能共鳴非弾性散乱

Beam Size: <500nm  
軟X線: 0.25-1 keV  
超高分解能RIXS

価電子状態解析  
固体内の電子の**素励起**  
固液界面**反応計測**

QST

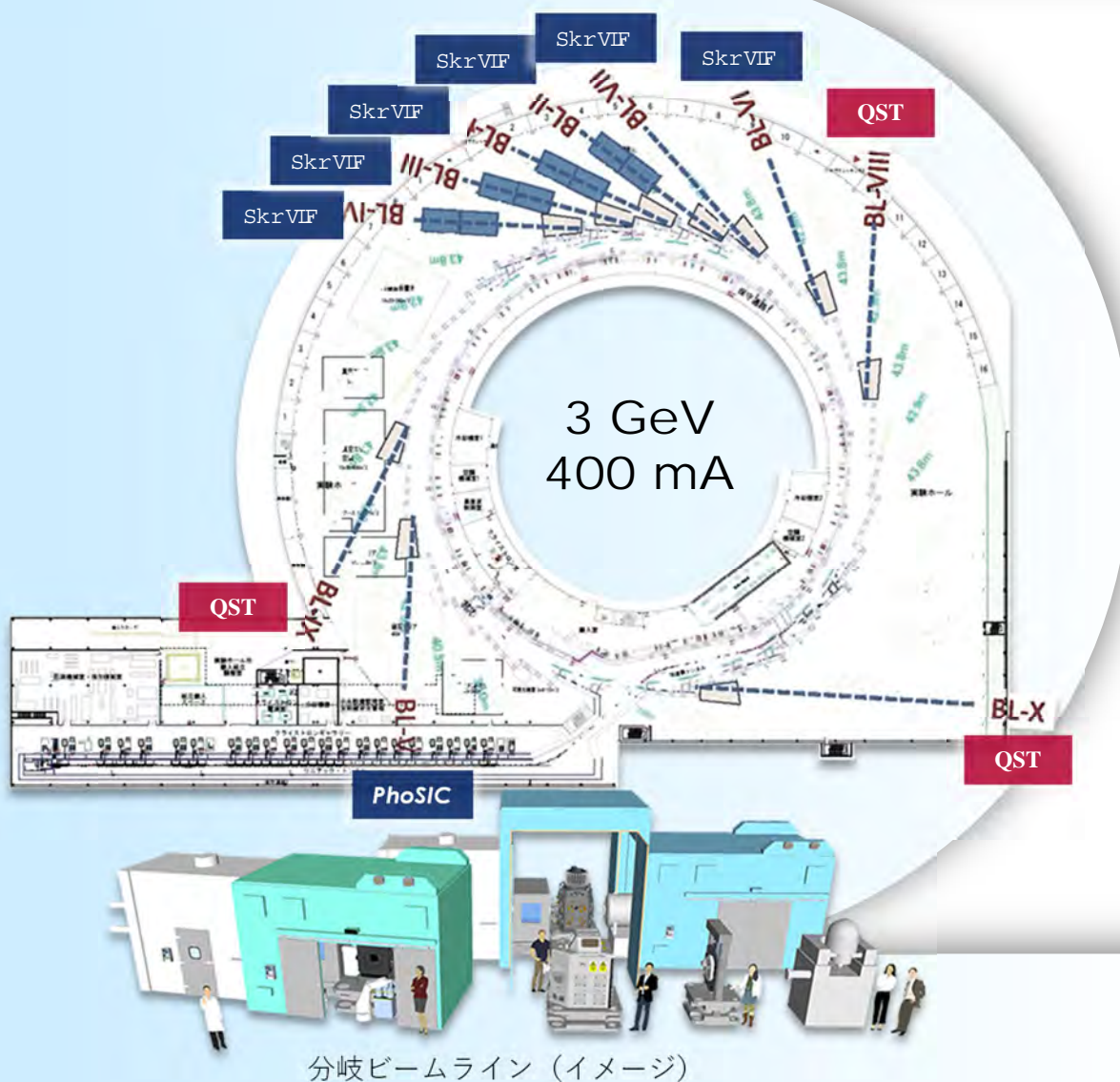
【応用分野】  
エレクトロニクス用材料、  
固体物理、触媒、電池な  
ど



# 次世代放射光施設ビームライン Lineup と 配置

【分担】 光科学イノベーションセンター(PhoSIC)が7本、量子科学技術研究開発機構(QST)が3本の計10本

【分岐】 PhoSICのBL-I, II, III, V, VI, VIIの6本のビームラインは、各々、光源性能を最大限活用するマスターラインと、マスターラインに大きな影響を与えない範囲で残りのビームを有効利用するスレーブラインに**分岐**して利用者を増やす予定



分岐ビームライン (イメージ)

SkrVIF

**BL-I (U) : X線オペランド分光**

HX: 2-20 keV, Beam Size: 100 nm

**BL-II (W) : X線構造-電子状態トータル解析**

HX: 2-20 keV, Beam Size: 50  $\mu$ m

**BL-III (W) : X線階層的構造解析**

HX: 4.4-30 keV, Beam Size: 50  $\mu$ m

**BL-IV (U) : X線コヒーレントイメージング**

HX: 2-20 keV (偏光に依存), Beam Size: 100 nm or 50  $\mu$ m

**BL-V (U) : 軟X線磁気イメージング**

SX: 0.18-2 keV (偏光に依存), Beam Size: < 50 nm

**BL-VI (U) : 軟X線電子状態解析**

SX: 0.05-1 keV, Beam Size: < 50 nm

**BL-VII (U) : 軟X線オペランド分光**

SX: 0.13-1 keV (偏光に依存), Beam Size: < 50 nm

QST

**BL-VIII(U) : 軟X線ナノ光電子分光**

SX: 0.05-1 keV, Beam Size: 50 nm - 10  $\mu$ m

**BL-IX (U) : 軟X線ナノ吸収分光**

SX: 0.13-2 keV (偏光に依存), Beam Size: 50 nm - 10  $\mu$ m

**BL-X (U) : 軟X線超高分解能共鳴非弾性散乱**

SX: 0.25-1 keV, Beam Size: < 500 nm

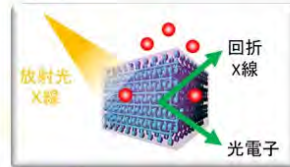
# 次世代放射光による先端計測ソリューション

## コンセプト

複数の放射光施設をまたいでデータ収集するようなことが、PhoSICビームラインの横断的利用によって可能となる。最小限の時間で必要なデータが揃う。

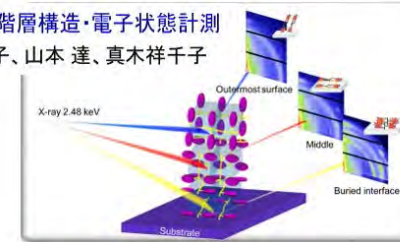
### BL-I 材料内部の構造と電子状態

テンダーX線～硬X線  
オペランド光電子分光・回折計測  
山本達、西堀麻衣子

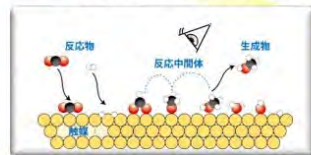


### BL-II 階層構造と電子状態・化学状態

テンダーX線～硬X線 階層構造・電子状態計測  
西堀麻衣子、山本 達、真木祥千子



### BL-VII 材料表面の電子状態・化学状態

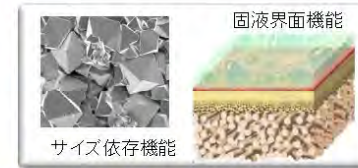


軟X線 雰囲気オペランド分光計測  
松田巖、山本達、虻川匡司



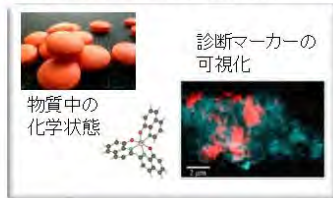
### BL-VI

ナノ空間の機能電子状態可視化



軟X線 高分解能電子状態計測 原田慈久、虻川匡司

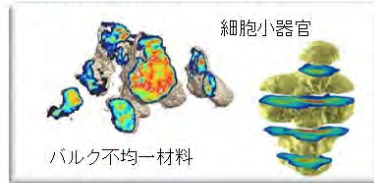
### BL-III 物質と機能の階層構造



硬X線イメージング、  
トモグラフィ計測  
矢代航、江島文雄

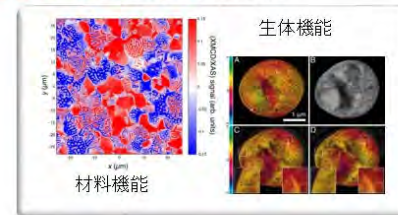
### BL-IV

3次元ナノ構造-機能相関



テンダーX線～硬X線  
コヒーレントイメージング計測  
高橋幸生、矢代航

### BL-V 機能分布・発現機構

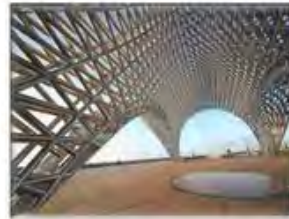


軟X線～テンダーX線  
先端機能磁気イメージング計測  
中村哲也、羽多野忠

## 方針

PhoSICビームラインの横断利用を最適化し総合的なデータ収集をユーザーに提供する。

# 次世代放射光の多彩な産業活用



**METALS**  
鉄鋼・非鉄金属



**GLASS & CERAMICS**  
ガラス・セラミックス



**PHARMACIES**  
創薬・製剤



**MEDICAL & HEALTH CARE**  
医療機器 & ヘルスケア



**ELECTRONICS**  
エレクトロニクス



**TRANSPORT MACHINERY**  
輸送機械



**FOODS**  
食品



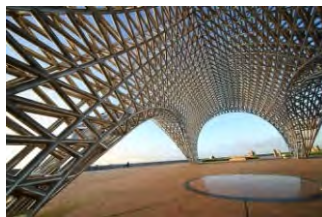
**ENERGY**  
エネルギー・資源



**CHEMICALS & FIBERS**  
化学・繊維・製紙

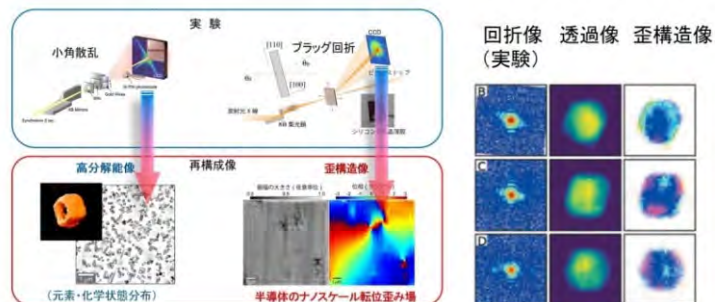
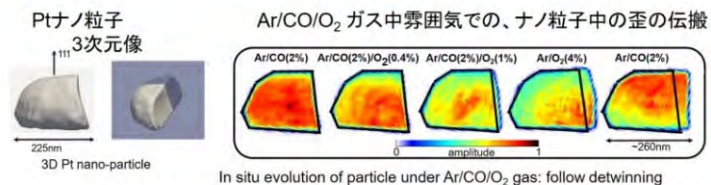


**AGRICULTURE, FORESTRY & FISHERIES**  
農林水産業



## METALS 鉄鋼・非鉄金属

### コヒーレントX線回折イメージング ナノ金属粒子内の歪分布の可視化



次世代放射光では、鋼板等の表面・深さ分析の精度が向上  
固溶軽元素の動的挙動を直接観察できる



西堀麻衣子(九大)

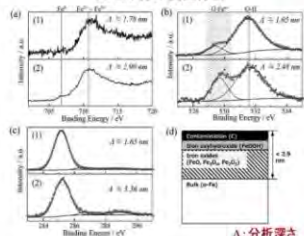
軟X線吸収分光: フェライト鋼中微量固溶炭素の化学状態検出

次世代の強み

C-K吸収端NEXAFSスペクトル測定  
鋼中炭素の状態解析(時効)

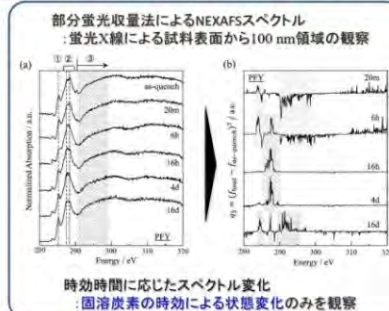
計測時間 7秒(Spring-8)→次世代: 計測精度・スピード100倍に

光電子分光による表面の不純物層の定量評価  
0.045C材の表面分析



0.045C材表面には、バルク鉄中とは異なる炭素が存在する不純物層が3 nm程度の厚さで存在

K. Ninomiya, K. Kamitani, Y. Tamenori, K. Tsuruta, T. Okajima, D. Yoshimura, H. Sawada, K. Kinoshita, M. Nishibori, ISUI International, doi: 10.2355/isjinternational.ISIJINT-2019-206



## 力学的影響

- ・表面近傍の残留応力の深さ方向変化を測定 (GIXRD)
- ・粒内、粒界の残留応力変化の推定 (XRD)
- ・表面酸化皮膜の残留応力を評価 (GIXRD)
- ・疲労き裂、応力腐食割れき裂の3次元可視化 (CT)

## 粒径・組織制御、溶接信頼性

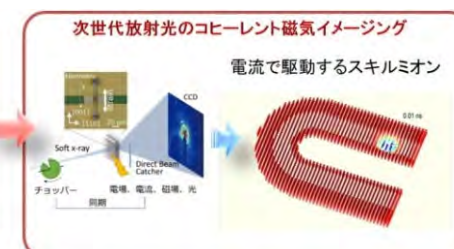
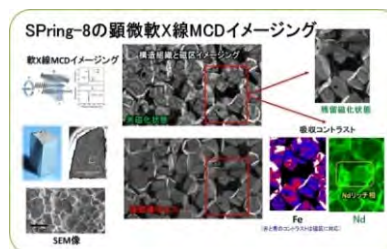
- ・デンドライト組織の成長のリアルタイム測定 (CT)
- ・溶接熱影響部のphaseの空間分布 (XRD)
- ・溶接部の元素分布イメージング (XRF, XANES)

## 反応制御/表面界面制御

- ・金属触媒の経時変化の解析 (XAS, XRF)
- ・コート層の3次元元素分布 (CT, XRF, XANES...)
- ・めっきに微量元素を添加した場合の影響の解析 (XRD...)
- ・金属の腐食と成分変化 (XRD+XRF)
- ・人工関節のCr酸化の解析 (XRF)
- ・金属-樹脂等の異材接合界面の分析 (XANES, HXPES, EXAFS...)

## 磁性

- ・磁区の空間分布の顕微イメージング (XMCD)
- ・磁性金属の電子状態 (spin-ARPES)



*to see Element* から *to see Chemistry* へ

## 材料科学と親和性の高い3GeV放射光施設

今まで見えなかった、リチウムやカーボンの機能を可視化  
学術の知を、産業界の価値に変える

### SPring-8

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 L	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 A															
		L	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
		A	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

K      K & L      L      L & M

測定エネルギー範囲: 3.8 – 72 keV

### Liから見える

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Ln	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Cs	Ba	An															
		M-edge	h	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uu	Uu	Uu	Uu	Uu	Uu	Uu	Uu	Uu
		Ln	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
		An	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Liから見える  
エネルギー範囲 50eV-30keV



# 軽水炉/核廃棄物容器用材料ALLOY33の耐故障性の研究

— 福島原発事故を受けて —

米国DOEの放射光(NSLS)利用レポート



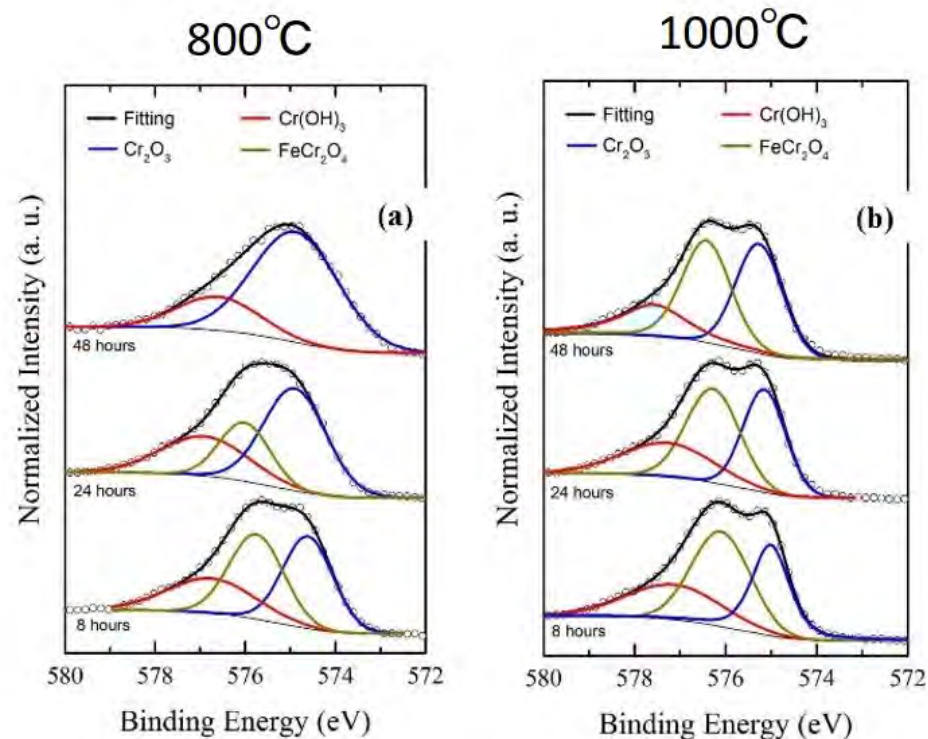
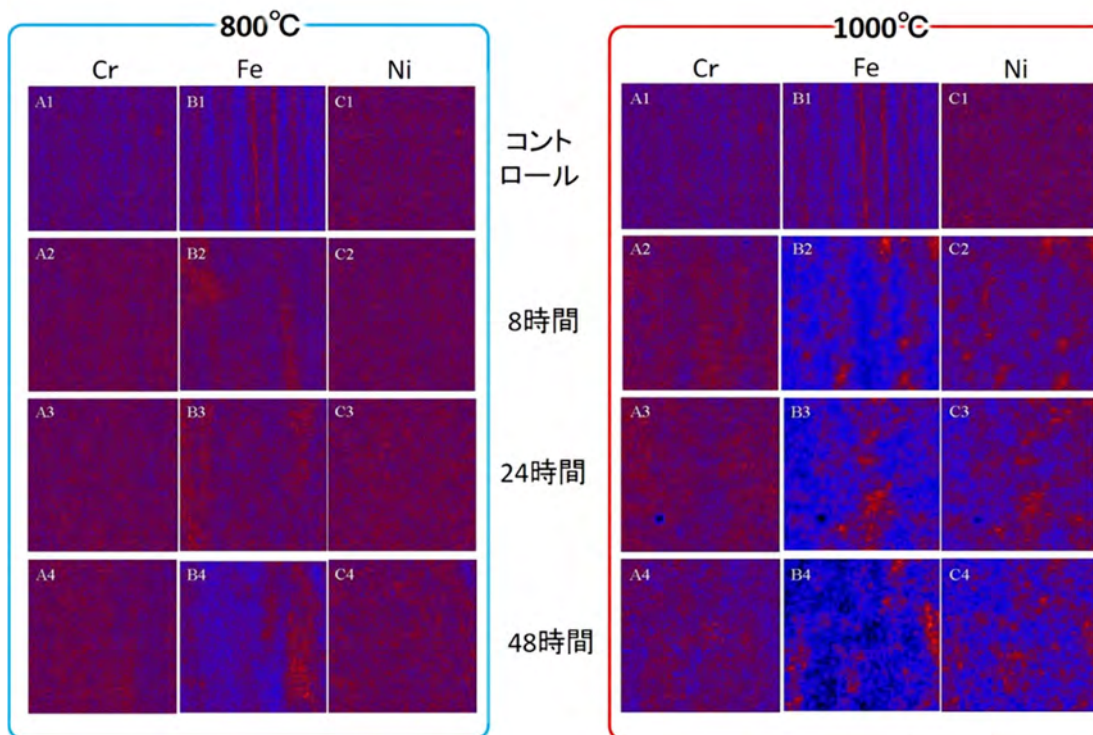
## 800度、1000度での高温水蒸気下での表面状態の時効観察

蛍光イメージング

Cr, Fe, Niの分布の変化

光電子分光

FeCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 相の挙動

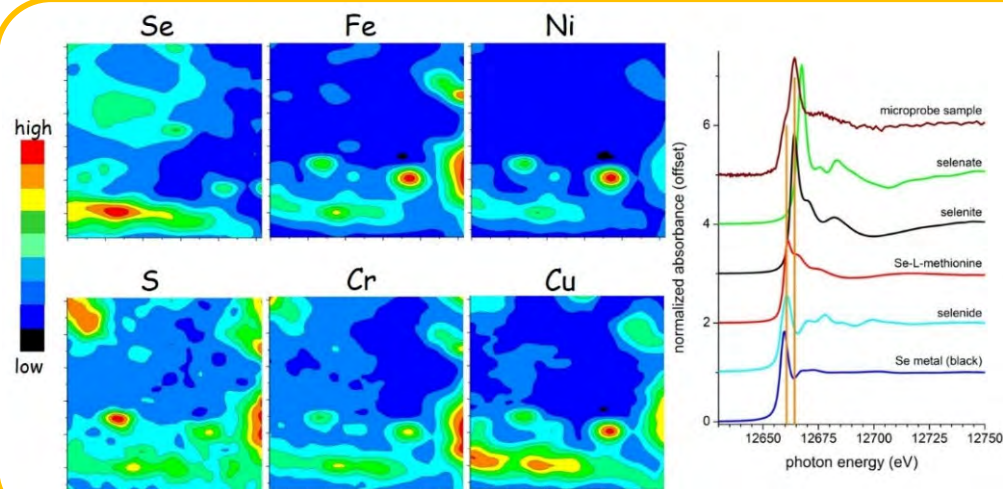
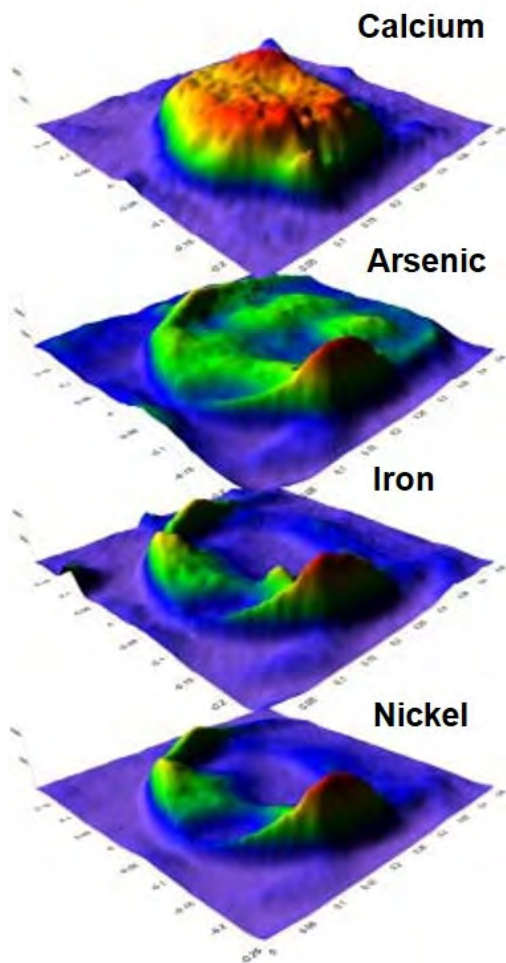




# 尾鉱管理: Arsenic Mineralogyへの応用

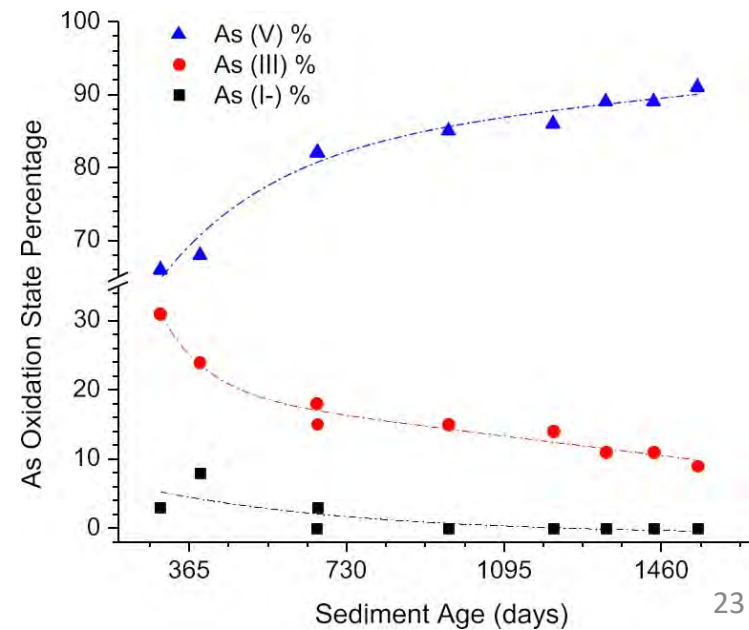
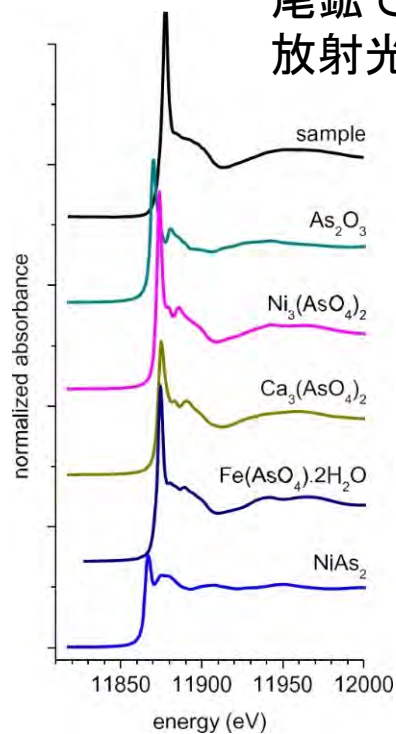


## ウラン尾鉱の試料の 蛍光マッピング



石炭中の  
セレンの  
顕微分光分析

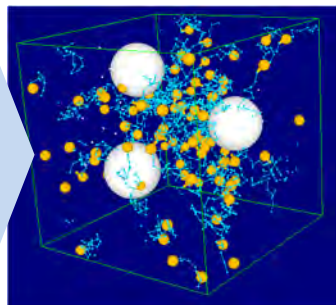
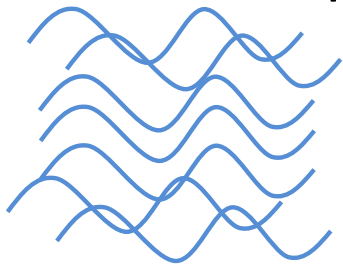
## 尾鉱でのヒ素酸化物/化合物の経日変化を 放射光分光で説明: As(V)の増加を確認



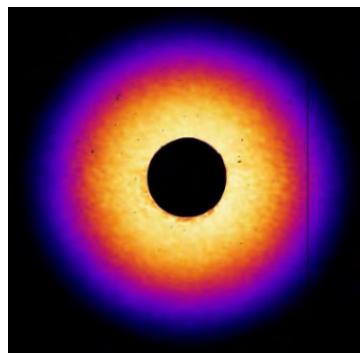
# モノの見え方が変わる Visualityによる革新

これまで

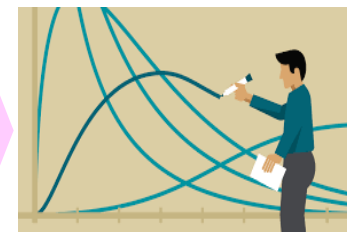
低コヒーレントX線



散乱データ

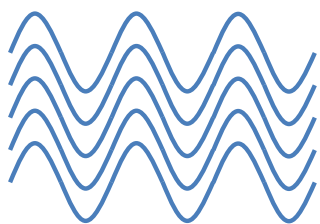


構造モデル  
仮説

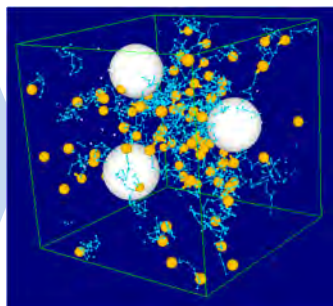


次世代

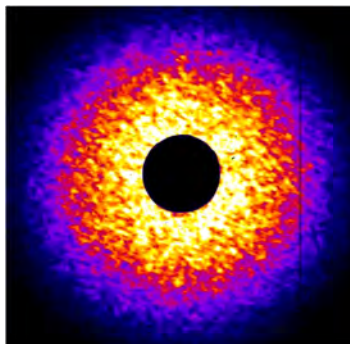
コヒーレントX線



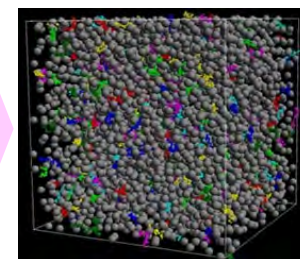
~1 Å



スペックルデータ



Visuality  
可視化







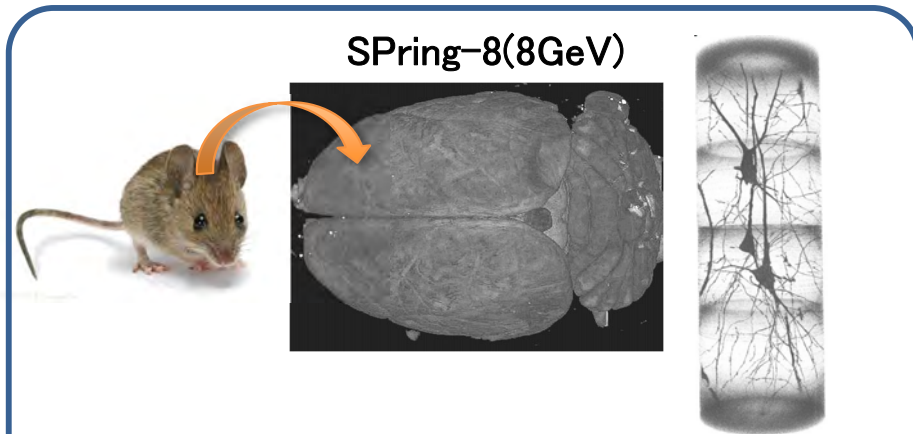
# 脳の見え方が変わる

Holographic X-ray nano-Tomography(XNH)

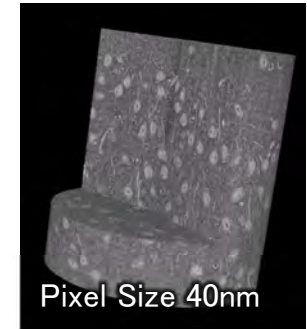
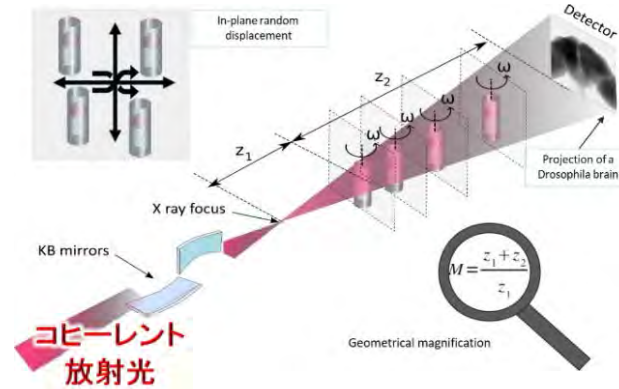
ヨーロッパ共同体放射光施設



A. Pacureanu

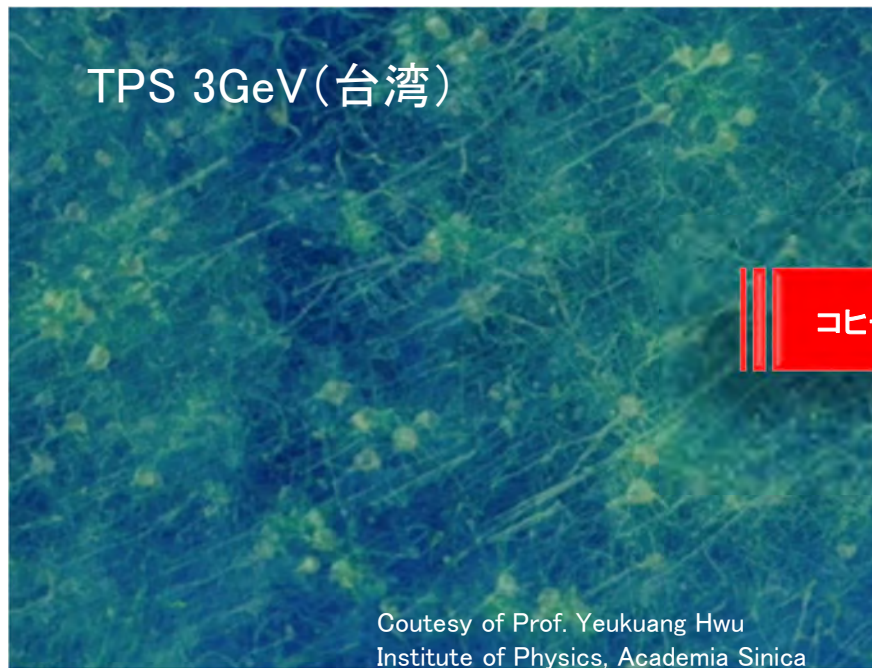


SPring-8(8GeV)



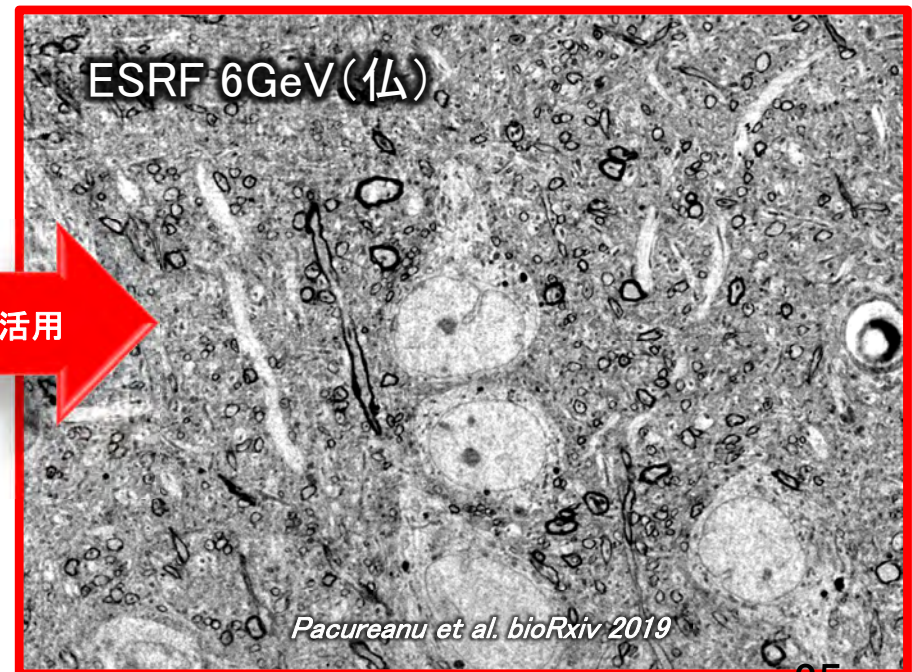
Pixel Size 40nm

Holographic X-ray nano-omography(XNH)



TPS 3GeV(台湾)

Coutesy of Prof. Yeukuang Hwu  
Institute of Physics, Academia Sinica



ESRF 6GeV(仏)

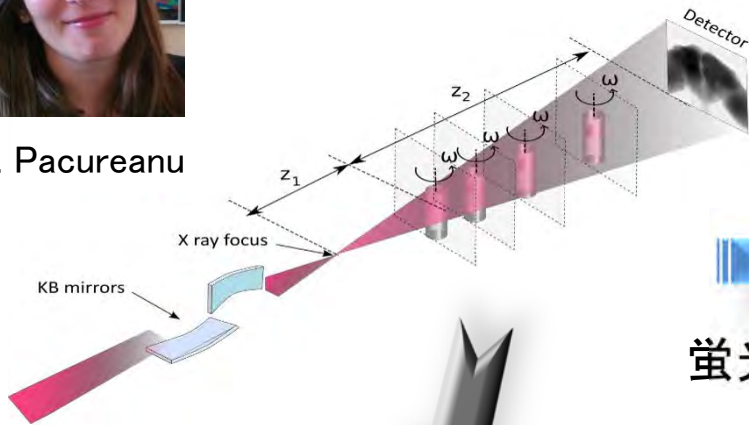
Pacureanu et al. bioRxiv 2019

コヒーレント光活用

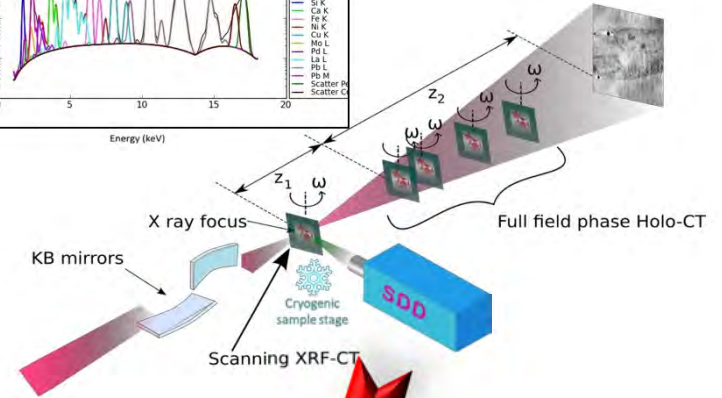
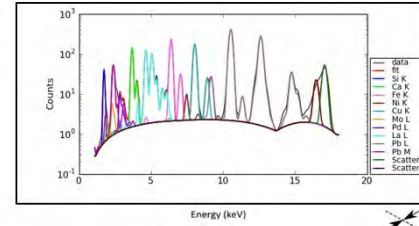


A. Pacureanu

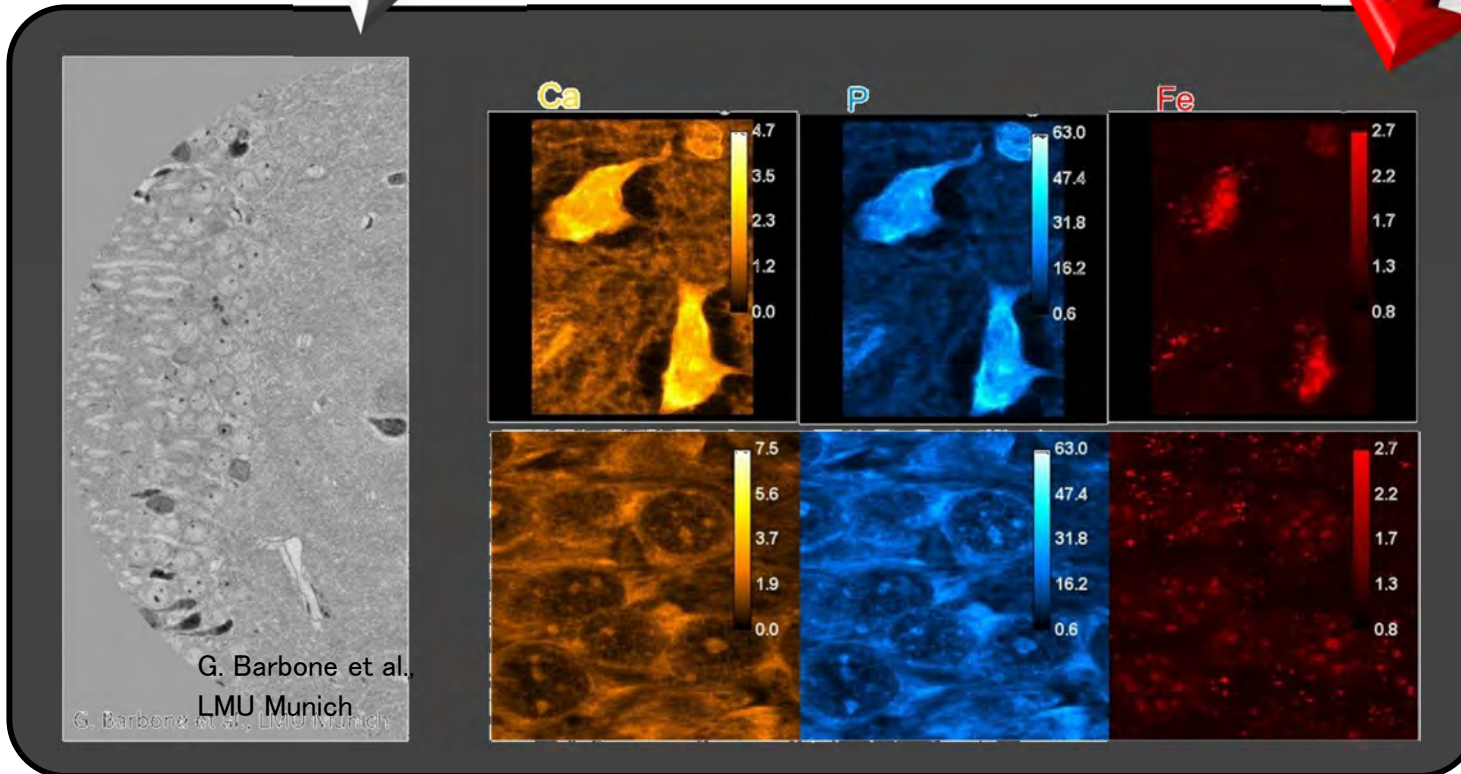
# 蛍光分析との統合が、海馬への鉄の蓄積を可視化



蛍光分析と統合



Sub-ppmレベル



アルツハイマー病のラット

鉄が細胞核に蓄積

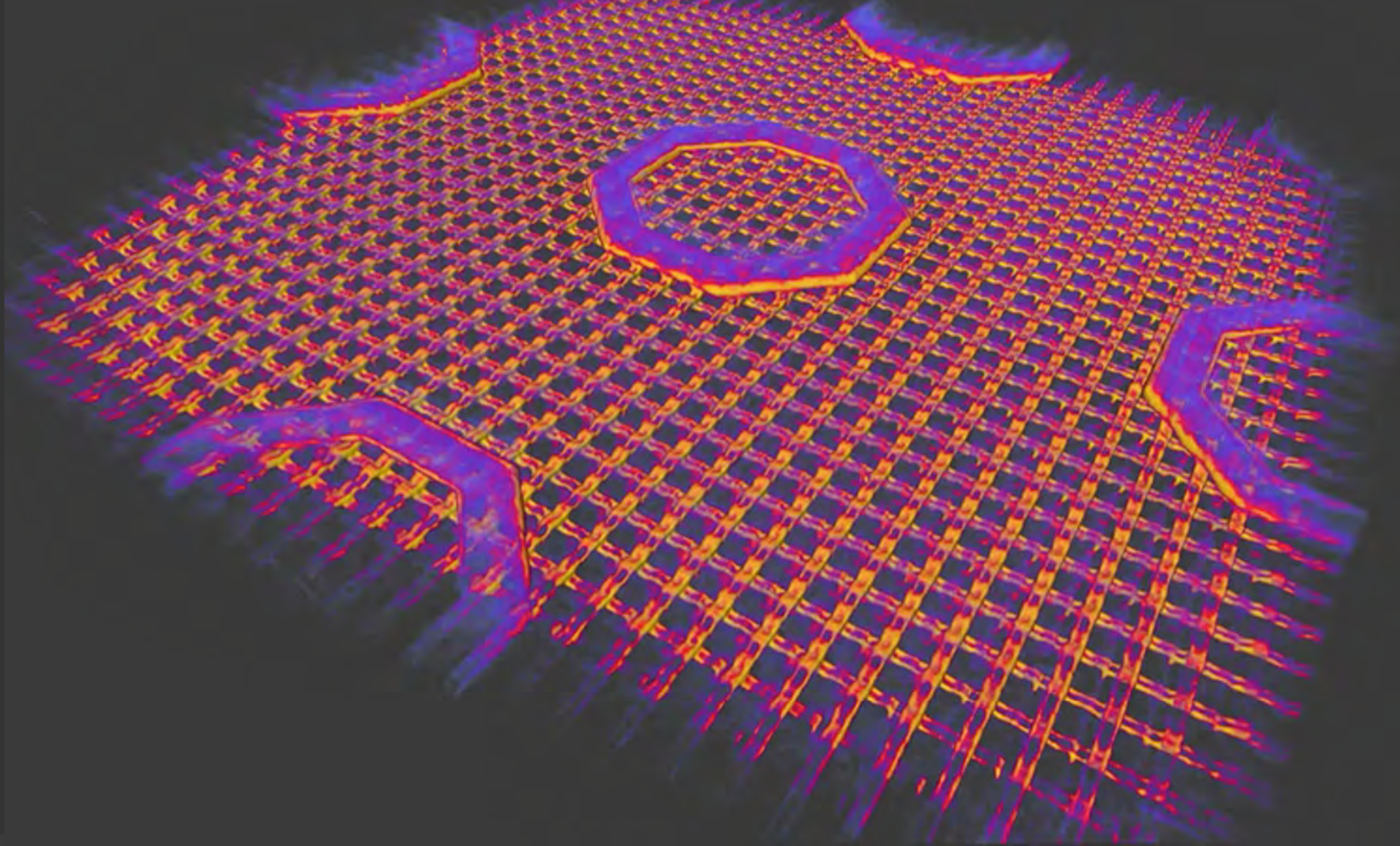
正常なラット

G. Barbone et al., LMU Munich

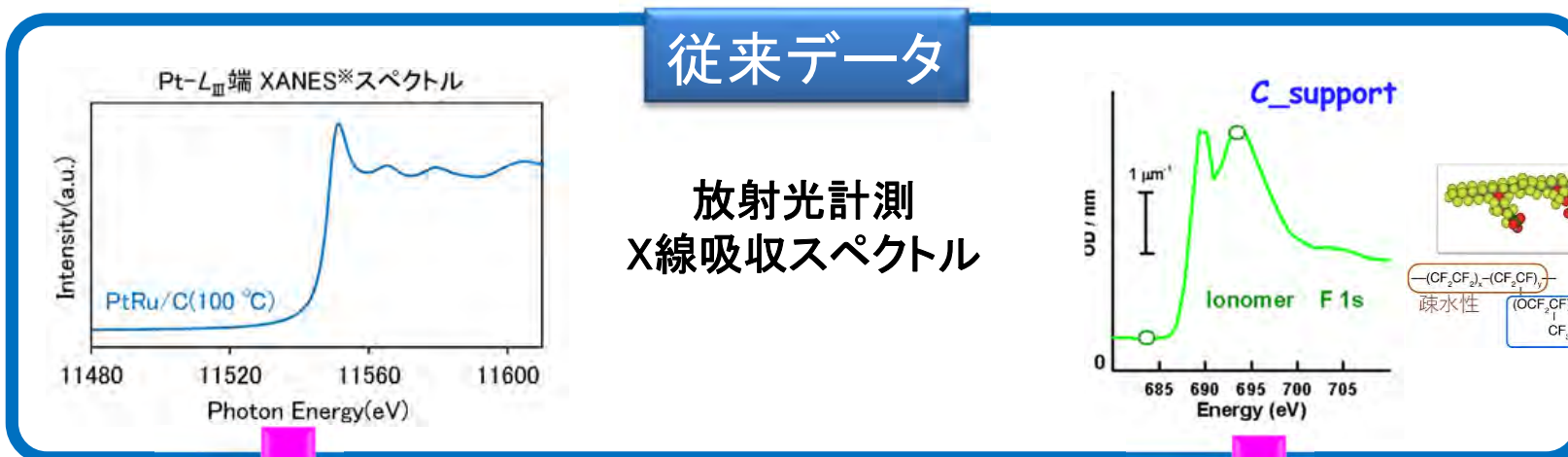
G. Barbone et al., LMU Munich

デバイスの見え方が変わる

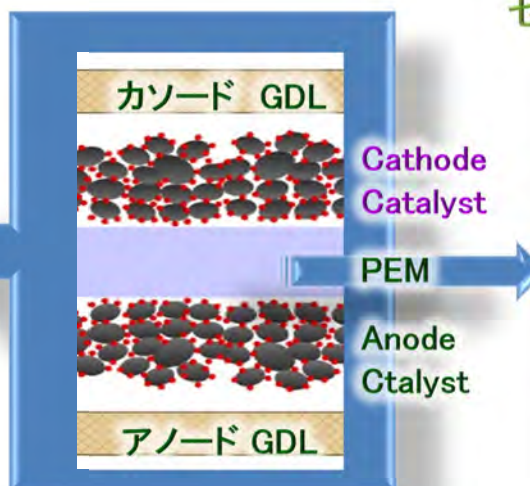
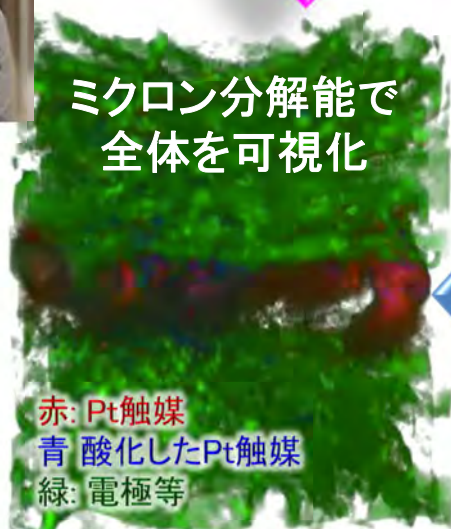
スイス放射光： 16nm FinFETデバイスのマルチスケール可視化



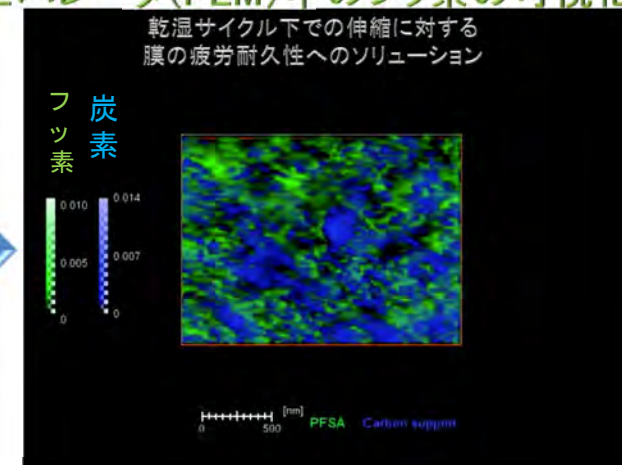
# 触媒機能の失活の“見え方”が変わる



## 燃料電池の機能可視化



### セパレータ(PEM)中のフッ素の可視化:



# 機能の可視化が、データの価値を変える

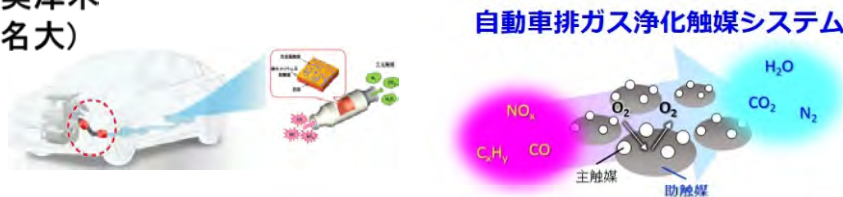


唯美津木  
(名大)

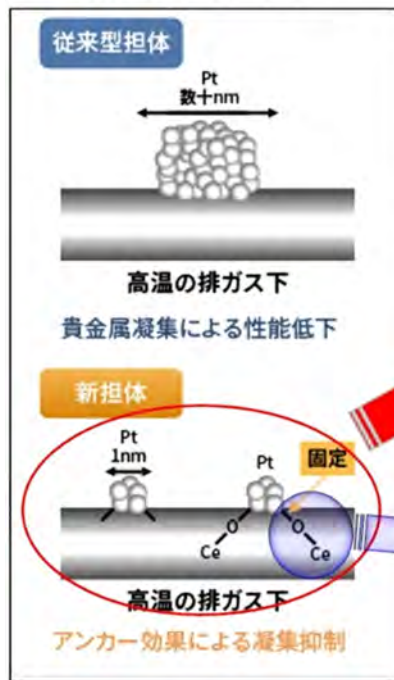


高橋幸生  
(阪大→東北大)

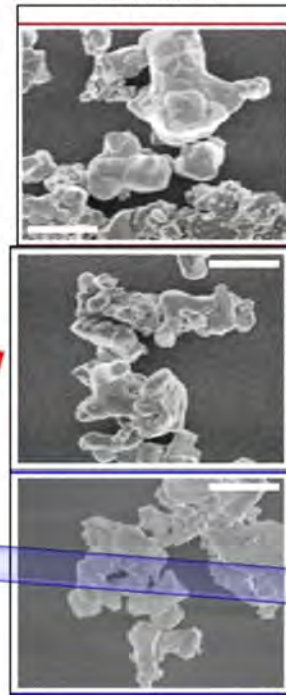
13ナノメートルの分解能  
反応の中間過程: 不均一な9万点の情報  
様々な条件下での反応を教えてくれるビッグデータ



貴金属凝集を抑制する  
新しいメカニズム



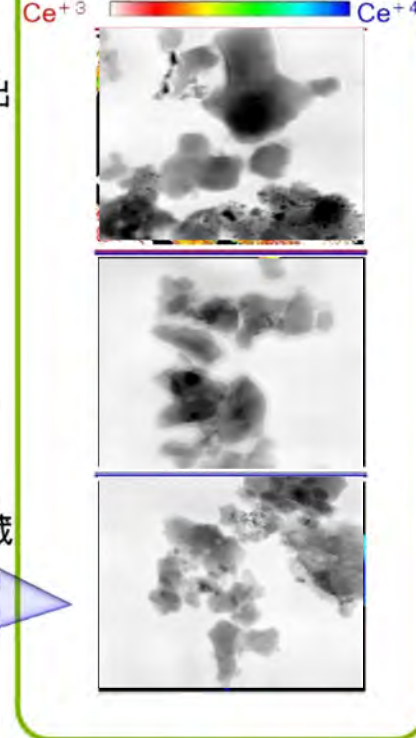
電子顕微鏡  
(形を見る)



放射光

(Ce原子の酸化反応を見る)

Ce<sup>+3</sup> Ce<sup>+4</sup>

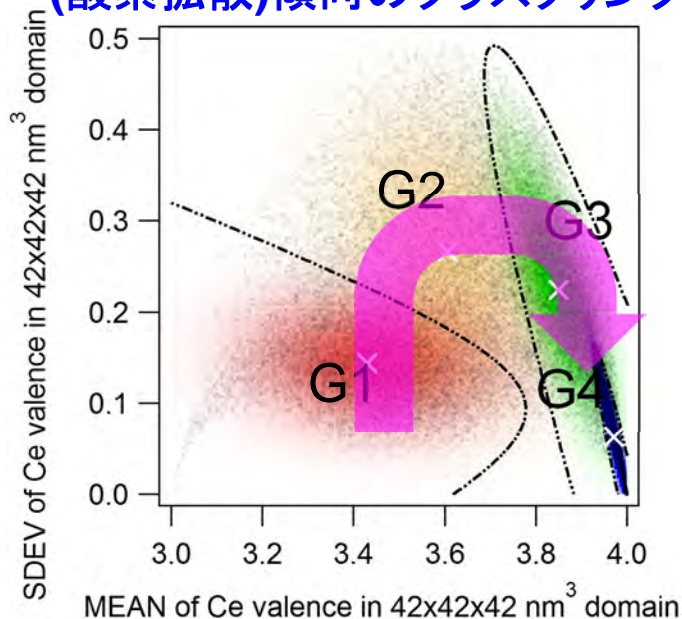


# 酸素拡散の様子を可視化：機械学習の活用

## 記述子

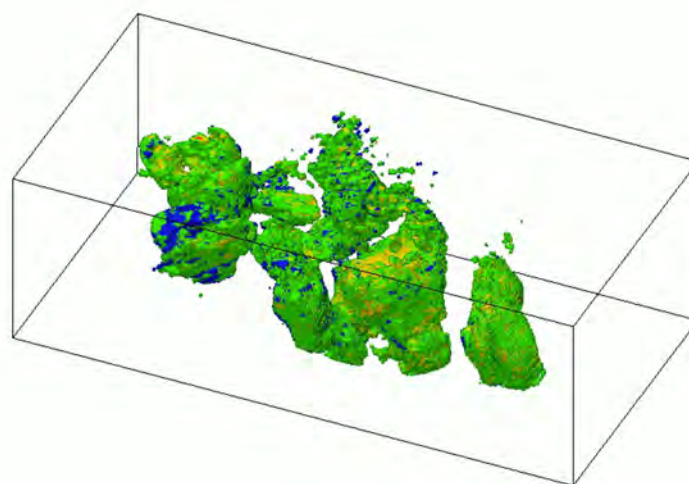
- $42 \times 42 \times 42 \text{ nm}^3$ ドメイン内の平均Ce価数 ( $m(x,y,z)$ )
  - $42 \times 42 \times 42 \text{ nm}^3$ ドメイン内のCe標準偏差 ( $sd(x,y,z)$ )  
→ Ce価数分布の導関数の絶対値に相当
  - 空間座標  $x, y, z$
- 教師なし学習

ベイズ推定によるCe価数分布  
(酸素拡散)傾向のクラスタリング

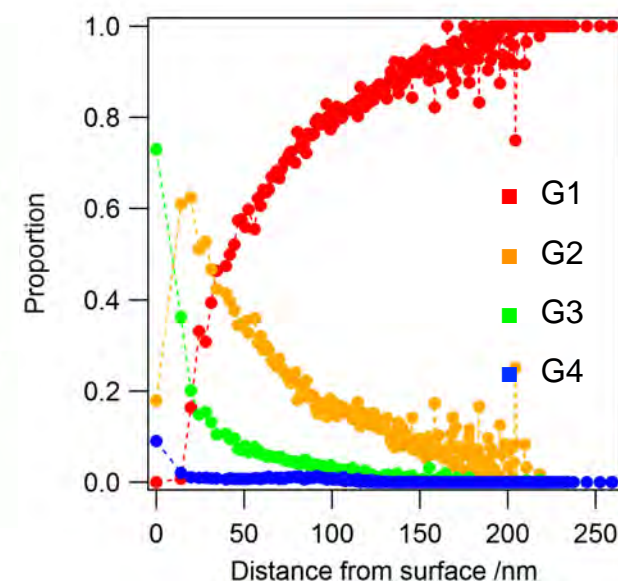


4種類の相関傾向を抽出

酸素拡散傾向の3次元空間分布



酸素拡散傾向の存在割合の  
粒子深さ方向プロファイル



**G1** → **G2** → **G3** → **G4**の順番で反応フェーズが伝播・  
拡散していく描像を可視化

**“動的機能”である酸素拡散の様子を可視化**

## 4. 高いアベイラビリティ

# Visualityとデータマネージメント

- ナノの形だけでなく、機能の情報も、高精細に可視化。
- モノクロTV/カラーTVで見る時代から、5G/8K放送で見る時代へ変わるような、Visualityの非連続な変化をもたらす。
- 「何が起きているか」を見て仮説を立てるツールから、「なぜ起きているか」を、ナノで直接見るツールになる。
- 研究や開発、品質管理、調査での、仮説検証サイクルを高速化する。
- 非専門家が利用できる AI・ビッグデータ時代の必須ツールとなる。

16GB: スマートホンの平均的なメモリー  
 1TB: 50000本の本に相当する印刷物  
 2PB: フェイスブックの全ての写真の容量  
 20PB: 毎日グーグルによって生み出されるデータ量  
 1EB: ネットフリックスで1000回ストリーム再生された総カタログ

9PB: 2018年に海外の既存放射光施設が生み出したデータ

60PB: 放射光施設が1年間生み出すデータ

60PB=60,000TB=60,000,000GB

=スマホ 375万台

## Society 5.0のロールモデル

**データ戦略** 75社以上の大企業が参画する次世代放射光施設は先端科学技術データの必須通過点となる。

NTTアーバンソリューションズ 仙台エコシステム

<https://www.ntt-us.com/topics/2019/12/topics-191205-01.html>

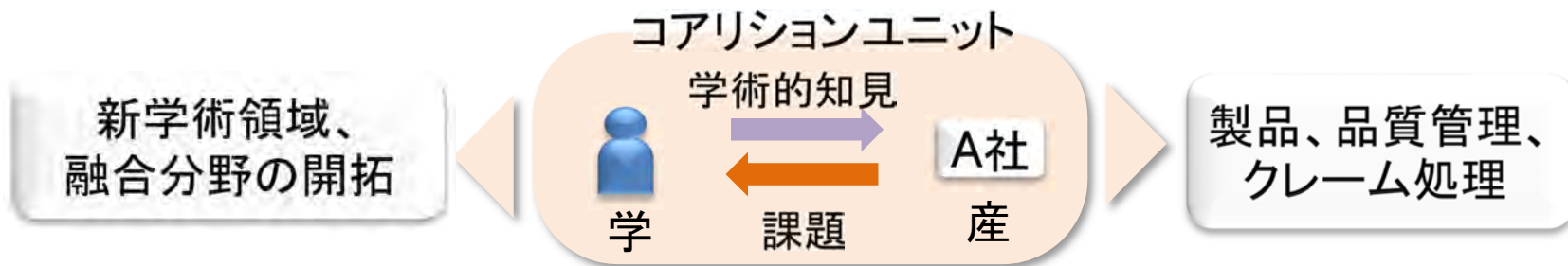




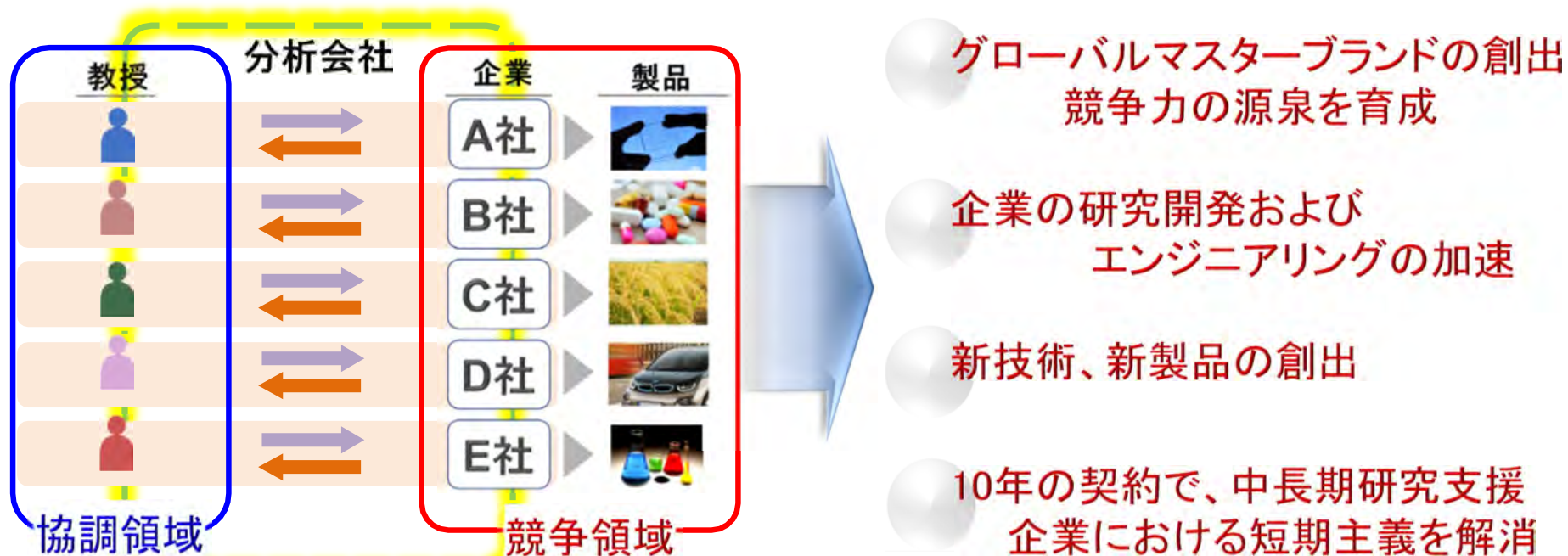
# コアリション・コンセプト

## 非専門家・産業界の利用を促進するスキーム

学術が、建設資金を出資した企業と、1対1でユニットを組み製品開発競争の出口イメージを共有し、放射光施設を利活用するCoalition（有志連合）を形成する。



### 次世代放射光施設利用に適用する活用コンセプト



# コアリションメンバーのFSの成果(全国)

\*すでに36社が活動を開始

## 先行事例)ECMOの血栓の問題を解決

次世代のX線分光は界面で見極める水を見分けることができる  
血栓形成を阻害する界面水をポリマーからデザインする

原田 慈久 (東大/東北大)

タンパク質  
自由水  
界面水  
被覆ポリマー

高効率・高分解能X線分光で  
ミクロな水環境が可視化される

界面水 (タンパク質吸着を防ぐ水)  
不凍水 (界面水を安定化させる水)

# 日本経済新聞

有料会員限定 記事 今月の閲覧本数: 10 本中 3 本

## 体外式人工肺の血栓、発生原因を解明 東大教授ら

新型コロナ 医療・健康 科学&新技術

2020/5/10 17:00

保存 共有 印刷 通知 共有 その他

東京大学の原田慈久教授らは、新型コロナウイルスの重症患者の治療に使われる体外式膜型人工肺（ECMO=エクモ）の弱点であるチューブ内部での血栓の発生原因を突き止めた。血栓ができにくくなるコーティング剤の開発に取り組み、チューブに塗るだけで使えるようにする。1年後にチューブの臨床試験の開始を目指す。

エクモは新型コロナで重篤な呼吸困難に陥った患者の肺の代わりとして働く医療機器。治療薬のない重症患者にとっては「最後のとりで」とされるが、長時間使い続けるとチューブ内で血が固まり、血栓ができやすい。血栓が体内に流れると心臓や脳の血管が詰まる恐れがある。



重症患者の呼吸機能を維持するのに利用する体外式膜型人工肺（ECMO=エクモ）

原田教授は九州大学の田中賢教授と共同で、大型放射光施設「SPring-8」を使い、血栓の原因となるたんぱく質と、チューブ内側のポリマー材料を解析。ポリマー材料の表面で壁の役割を果たす水分子が時間の経過とともににはがれてなくなると、たんぱく質がポリマー材料に吸着して固まり、血栓になることが分かった。

解析結果を基に水分子がなくなるコーティング剤を開発する。チューブに表面処理を施せば血栓の発生を抑えられるとみる。通常は数日以上たつと血栓ができやすくなるが、表面処理したチューブを使ったエクモでは血栓を発生させずに2~3週間の連続使用を可能にしたい考えだ。

集中治療室（ICU）でエクモを扱うには複数の医療スタッフが必要となる。心臓や脳を傷つける血栓の有無を医師や看護師らが数時間おきに確認しているためだ。確認作業の手間を減らせば医療スタッフの業務に余裕が生まれ、医療の効率化につながるとの期待もある。

## 5. 参画機関の多様性

# 新たな大型研究基盤の整備の仕組み：官民地域パートナーシップ

建設費概算総額： 約360 億円程度  
(整備用地の確保・造成の経費を含む)

## 官

分担： 最大約190～200 億円

### 国の主体

量研機構  
理事長  
平野俊夫



**枢要部の建設・運営**  
■ 入射器・蓄積リング  
ビームライン ～3本

## 地域

(代表機関)

光科学イノベーションセンター  
(PhoSIC)  
理事長 高田昌樹



分担： 最大約160～170億円

宮城県、仙台市、寄付金等： **約100 億円**

- 基本建屋、研究交流施設  
ビームライン ～7本
- コウリション活動の推進

東北経済連合会  
会長 海輪 誠



- コウリション活動の支援

宮城県  
知事 村井嘉浩



- 土地造成
- 誘致企業への支援

## 民

### コアリション(有志連合)

#### 民間企業、大学、研究機関

加入金： 一口5000万円  
(運開より10年間有効；建設資金協力)

インセンティブ：200時間/年の利用権  
課題申請免除、毎月申請、成果占有利用  
学術研究者とのマッチング支援

仙台市  
市長 郡 和子



- 地域支援
- 都市ビジョン  
「光イノベーション都市・仙台」
- トライアルユース事業

東北大学  
総長 大野英男



- 土地提供
- 学術研究(国内外連携の推進)
- 産学連携の強化  
(コウリション活動支援)

### 評議員会

(氏名五十音順 敬称略)



東経連  
会長  
海輪 誠



東北大学  
総長  
大野英男



IHI 取締役  
村上晃一



産総研  
最高顧問  
中鉢良治



三菱重工  
CTO  
名山理介



経団連  
専務理事  
根本勝則



物材機構  
理事長  
橋本和仁



日立製作所  
基礎研究センタ長  
山田真治

### 理事会



理事長  
高田昌樹



専務理事  
江部卓城



東経連 副会長  
阿部 聡



東北大学 理事  
植田拓郎



東芝 執行役専務  
齊藤史郎



住友ゴム工業 技監  
中瀬古広三郎



みやぎ工業会 会長  
畑中 得實

### 監事



日本政策投資銀行  
高田佳幸



七十七銀行  
茂田井健太郎

# 企業加入状況

**大手加入企業：約75社（分析会社7社 / 2020年5月時点）**

（内訳）自動車・自動車関連機器製造・タイヤメーカー、産業用機械・  
電子機器・電子部品製造、化学・非金属材料、金属・エネルギー、  
化粧品・製薬・医療福祉関連製品製造

注）企業名は非公開

**地域中小企業（ものづくりフレンドリーバンク）  
59社（2020年5月時点）**

**他施設を活用した利用準備支援（FSの実施）  
加入意向表明書を提出した企業  
現在 36社、学術との先行マッチングを開始）**



## 6. 高い経済合理性



## 0. 設備投資のリスクヘッジ

自前の設備投資が不要 自前でそろえる投資額の1/10以下

## 1. 非連続な社会変化にも創造的に対応

①成果占有利用、課題申請なし(毎月利用可)、安全審査のみ  
機密保持、技術流失防止、クレーム処理に対応可、研究開発のスピードアップ

②様々な計測手法のBLの利用

設備投資が自前の場合と比べ1/10以下で効率的、様々な業種に対応可能

③学術マッチングの機会拡大

東北大学青葉山キャンパス内に施設を整備、東京大学も分室を設置  
国立研究機関もコアリションメンバーに加入、アントレプレナーの機会拡大  
学術との役割分担で先端活用に対応可

今から始まる:FSにより運開前から実質的な利用開始

④分析会社活用による利用方法の選択肢の多様性

産学連携以外の選択肢を用意、他の計測手法の利用機会を拡大

⑤世界一の利便性

東京駅—仙台、新幹線はやぶさ:90分 仙台駅—青葉山キャンパス 9分  
市街地にホテル多数

# Webサイト開設

<http://www.sris.tohoku.ac.jp/index.html>

<http://www.phosic.or.jp/>

国立大学法人東北大学 国際放射光イノベーション・スマート研究センターが設置されました。

2020年8月3日「次世代放射光セミナー」開催！  
8月3日（月）10：00から、受付開始しました。受付フォームはこちら

現在「SARS-CoV-2（新型コロナウイルス）感染症（COVID-19）関連研究に資する放射光技術」関連

研究準備中です。  
また、全世界の放射光施設が協働して、COVID-19を制圧するために、4月24日（金）15：00～（日本時間）世界主要放射光施設サミットを開催しました。あおばコミュニケーションが発表されました。

## TOPICS

- ▶ 『SARS-CoV-2（新型コロナウイルス）感染症（COVID-19）関連研究に資する放射光技術』関連研究課題募集
- ▶ 本学の早坂宏裕理事らが2020年1月29日にSLAC国立加速器研究所、同30日にブルックヘブン国立研究所NSLS-IIを訪問しました
- ▶ 2019年10月1日、東北大学は「国際放射光イノベーション・スマート研究センター」を設置しました。
- ▶ 2019年6月28日、次世代放射光施設ドームライン検討委員会の報告書が公開されました。

国際放射光イノベーション・スマート研究センター  
〒980-8577  
仙台市青葉区片平2-1-1  
国立大学法人 東北大学  
TEL 022-217-5204  
FAX 022-217-5211

次世代放射光施設は、国家プロジェクトです。当財団は、宮城県、仙台市、東北大学、東北経済連合会とともに「地域パートナー」として、国との「官民地域パートナーシップ」の下、次世代放射光施設の建設と運営を行います。

当財団は、地域パートナーの代表機関として2016年12月に東北経済連合会により設立されました。現在、東北大学の兼任メンバーの協力体制の下で、東北経済連合会からの出向メンバー、民間および地域パートナーメンバーから選任された理事、評議員、監事により運営されております。

## 「次世代放射光施設って何？」 - 「ナノまで見える、巨大な顕微鏡です」

明るい「ひかり」=「X線」でモノの形をはっきり見ることでなく、モノの化学的な状態まで調べることが出来ます。

## 次世代放射光が必要な4つの理由

1. ナノでの観察は、様々な分野の科学技術の基本です。



近年の科学技術は、ナノの世界の原子・分子の組み合わせから、それが発揮する機能を探り、割り出してきました。放射光は、太陽の10倍の明るさでナノを見る、巨大な顕微鏡です。エコタイヤ、カーボンファイバー、電池材料、磁石材料、フラットパネルディスプレイ、パワージェンレーター、燃料、ダイオキシジン、タフポリマー、害虫予防カム、チョコレート、アイスクリーム、創薬、呼吸器疾患吸入器、人工関節の開発を実現し、私たちの生活を豊かにし、安全安心な社会を支えてきました。

ご清聴 ありがとうございました

