

# 放射光分析技術の応用例

1. 自動車・機械産業関連
2. 電子部品産業関連
3. 化学産業関連
4. 生命・農林・水産関連
5. エネルギー・資源・環境関連

東北放射光施設推進会議 / 推進室 / 支援協議会

HP address : <http://www.ins.tohoku.ac.jp/slitj/>

# 自動車・機械産業に関連する放射光分析技術

## ① X線回折

鋼板の特性(残留応力の解析等)評価

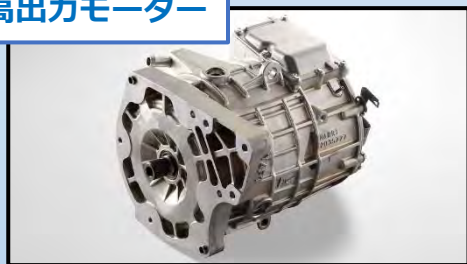
## ② 吸収・電子分光分析

燃料電池, 駆動モーター, 排ガス浄化触媒等の機能性材料の評価

## ③ 小角散乱

ソフトマター(タイヤ・プラスチック部材)の構造評価

永久磁石式  
高出力モーター



フレーム(鋼板)



水素燃料電池



タイヤ(有機高分子)



排ガス浄化触媒

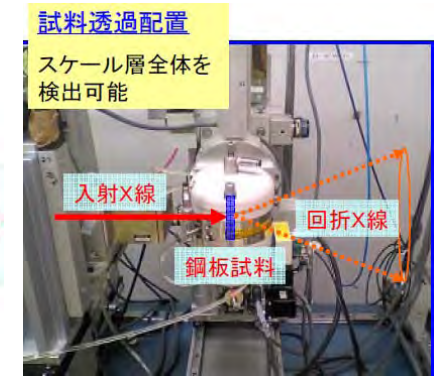
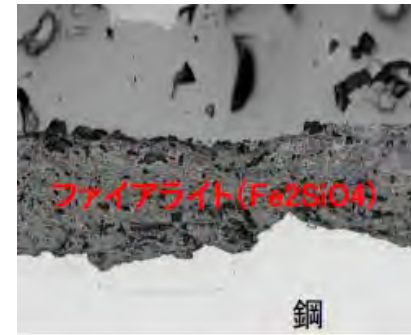


# 自動車・機械産業に関連する放射光分析技術

【応用例：X線回折】

## ★(1-a)：Si添加鋼の表面反応評価

高温下における Si 添加鋼表面のスケール形成機構を in-situ XRD を用いてその場観察

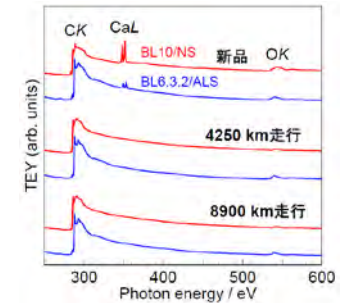


(株) 神戸製鋼所, (株) コベルコ科研, SPring-8

【応用例：吸収・電子分光分析】

## ★(1-b)：エンジンオイルの劣化評価

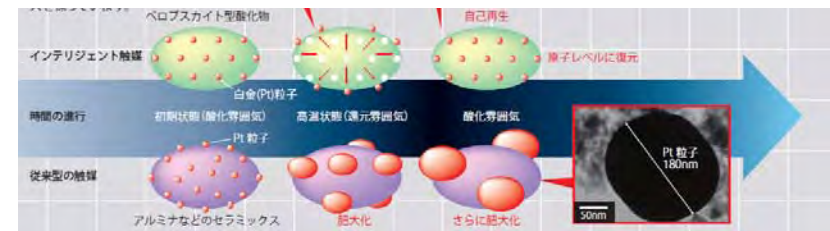
軟X線 XAFS によるエンジンオイル中の炭素の化学状態変化の分析



兵庫県立大学, SPring-8 BL-10

## ★(1-c)：排ガス浄化触媒の開発

マイクロビーム EXAFS による自動車排ガス浄化触媒の反応機構分析

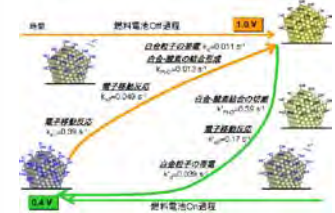
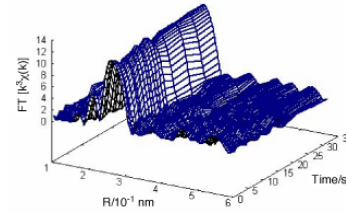


(株) トヨタ自動車, SPring-8

## ★(1-d) :燃料電池カソード触媒の変化観察

時分割 EXAFS 測定による燃料電池ナノPt  
粒子触媒の構造変化と電子状態変化その場  
観察

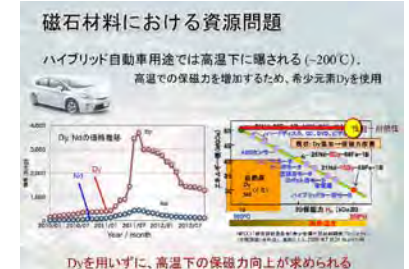
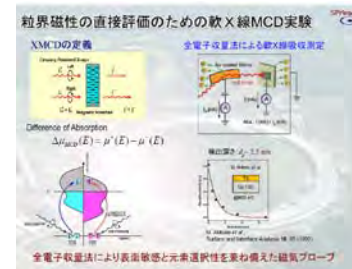
(株) トヨタ自動車 SPring-8



## ★(1-e) : ハイブリッド自動車用電気 モーターの開発

軟X線 MCD による Nd-Fe-B 永久磁石中  
粒界磁性の直接評価

SPring-8

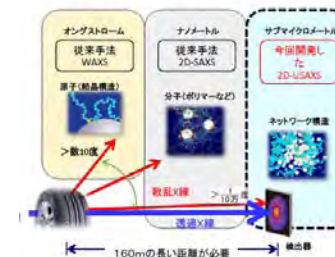


【応用例：小角散乱】

## ★(1-f) : ソフトマターの構造評価

時分割極小角X線散乱によるタイヤのゴム中  
におけるシリカ粒子の内部構造解析

住友ゴム株式会社・SPring-8 BL-20XU, BL-03XU

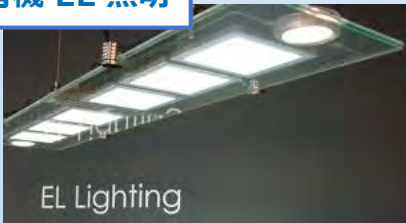




# 電子部品産業に関連する放射光分析技術

- ① X線回折：相変化記録材料および半導体材料の結晶構造評価
- ② 吸収・電子分光分析：デバイス中の元素の存在形態および磁気特性の評価
- ③ 小角散乱：有機エレクトロニクス分野における高分子の高次構造評価

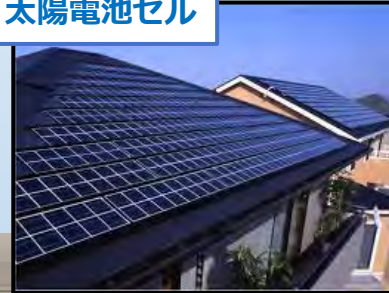
有機 EL 照明



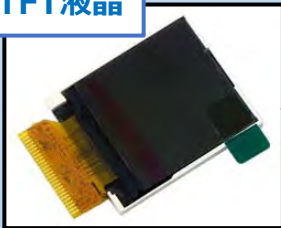
相変化記録材料



太陽電池セル



TFT液晶



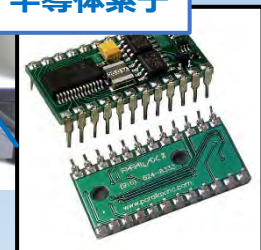
コンバータ



磁気記録材料



半導体素子

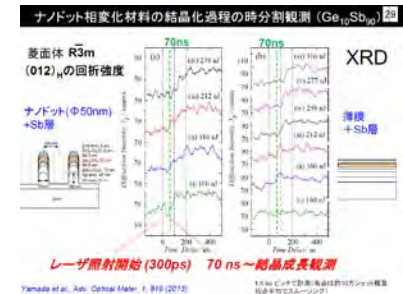
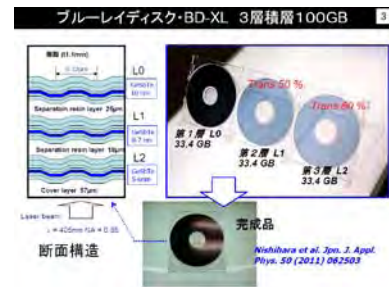


# 電子部品産業に関連する放射光分析技術

【応用例：X線回折】

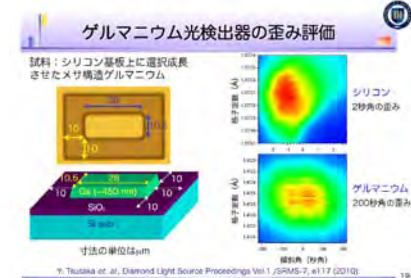
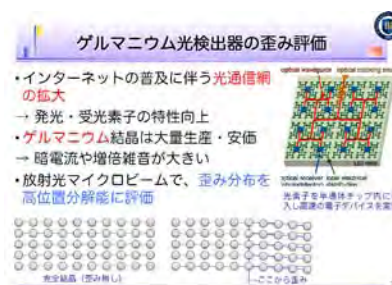
★(2-a)：相変化記録材料の構造評価  
時分割XRD測定によるナノドット相  
変化材料の結晶化過程分析

京都大学



★(2-b)：半導体光学素子の構造評価  
マイクロビームXRD測定によるゲル  
マニウム光検出器の格子歪み評価

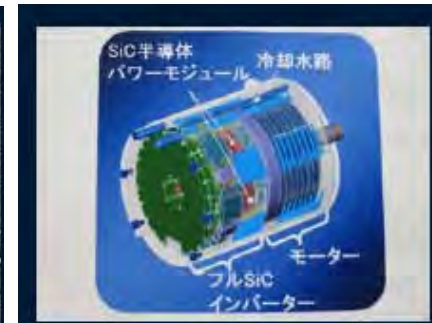
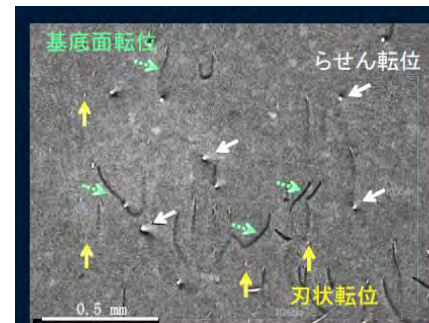
兵庫県立大学



★(2-c)：半導体単結晶欠陥評価

X線トポグラフィによる SiC 単結晶ウ  
エハーの欠陥とデバイス動作の相関を  
評価

SAGA-LS

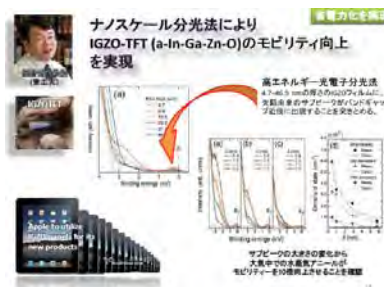


## 【応用例：吸光・電子分光分析】

### ★(2-d) :IGZO薄膜の局所構造評価

ナノスケール高エネルギー光電子分光法により IGZO-TFT(酸化物半導体) の電子モビリティに寄与する結晶構造を評価

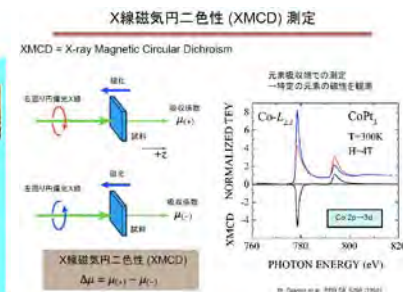
東京工業大, SP-ring8



### ★(2-e) :磁気記録材料の磁気特性評価

マイクロMCD(X線磁気円二色性)測定による反転磁界分散(SFD)の評価と要因解析

秋田県産業技術センター, SPring-8 BL-39XU

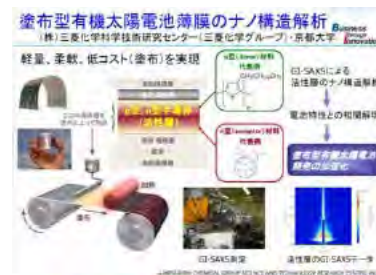


## 【応用例：小角散乱】

### ★(2-f) :塗布型有機太陽電池薄膜のナノ構造解析

異常小角散乱測定による有機活性層のナノ構造解析と電池物性の関連性を解析

(株) 三菱化学科学技術研究センター, 京都大学





# 化学産業に関連する放射光分析技術

- ① X線回折：無機・有機結晶の構造評価
- ② 吸収・電子分光分析：バッテリー等の反応プロセスに伴う元素の化学状態変化評価
- ③ 小角散乱：有機高分子・ゲル等のソフトマター構造評価

結晶性材料



炭素繊維



リチウムイオンバッテリー



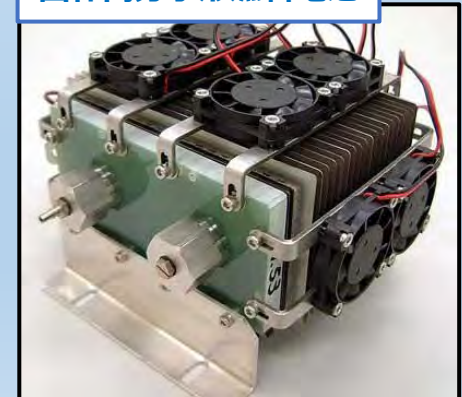
有機高分子(プラスチック)



ソフトマター (ゴム・ゲル等)



固体高分子形燃料電池



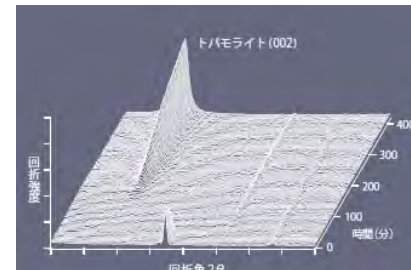
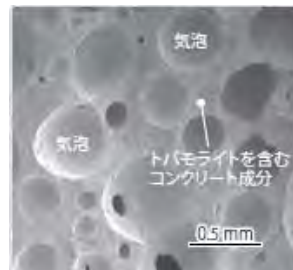


# 化学産業に関連する放射光分析技術

## 【応用例：X線回折】

### ★(3-a)：軽量気泡コンクリートの生成機構評価

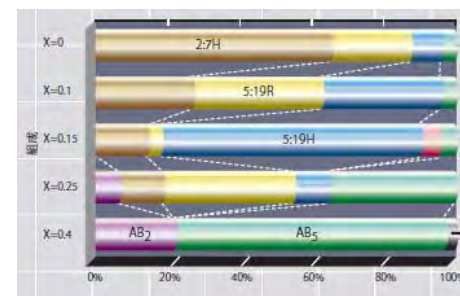
軽量気泡コンクリート (ALC) の生成反応を in-situ XRDで観察し、結晶成分トバモライトの生成メカニズムを解明



旭化成(株), 旭化成建材(株), SP-ring 8

### ★(3-b)：高容量ニッケル水素電池の開発

電極材料の合金をXRD分析し、安定して高容量を維持可能な結晶構造を解明

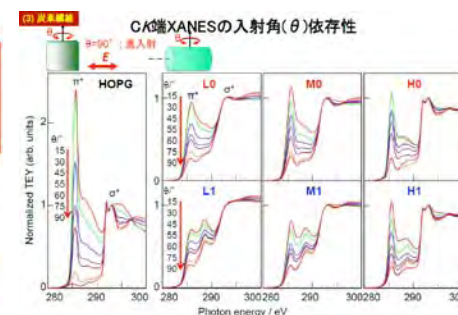
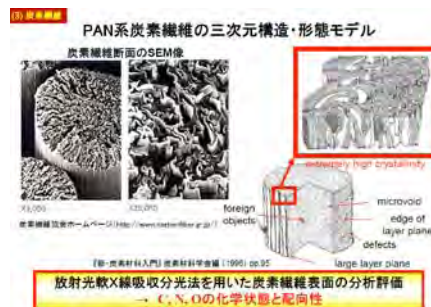


(株)ジーエスユアサコーポレーション, SP-ring 8

## 【応用例：吸収・電子分光分析】

### ★(3-c)：炭素繊維材料の配向性評価

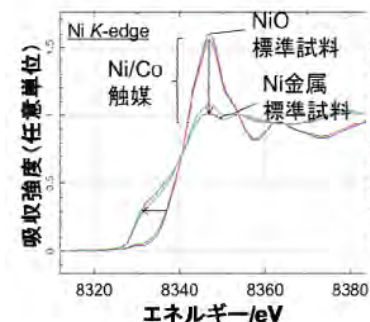
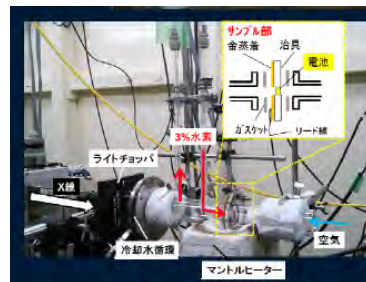
入射角依存 XAFS 分析による炭素繊維表面の化学状態および配向性の評価



(株) 東海カーボン

★(3-d) : 固体酸化物系燃料電池の触媒開発  
 時分割 XAFS により水素還元雰囲気下での Ni/Co, Ni/Fe 系触媒の還元挙動をその場観察

SAGA-LS



【応用例 : 小角散乱】

★(3-e) : 高分子材料の結晶化誘導期の検討

時分割異常小角 X 線散乱測定により、  
 ポリプロピレンの構造形成機構を解析

高輝度光化学研究センター

異常分散小角X線散乱法による  
 ポリプロピレンの結晶化誘導期の検討



異常小角X線散乱法を用いて結晶化誘導期における構造形成を明らかにする。

この装置がナノ構造の時間経過追跡法の確立  
 時間分割異常小角X線散乱システム構築



数秒間でSAXS測定に必要なエネルギーでの散乱測定が可能

↓  
 1分毎の時間分割 異常散乱小角X線測定を可能とした

★(3-f) : ゴム中のカーボンブラックの  
 分散過程

時分割小角 X 線散乱測定により、せん断変形時のカーボンブラックの分散過程をその場観察

横浜ゴム (株)

**Experimental Methods**

時分割超小角X線散乱(SAXS)法

SPRing-8 BL16B2  
 エネルギー 24keV  
 検出器 PILATUS  
 測定時間 2min  
 測定可能な領域 0.008nm<sup>-1</sup>~0.2nm<sup>-1</sup>  
 カメラ距離 40cm

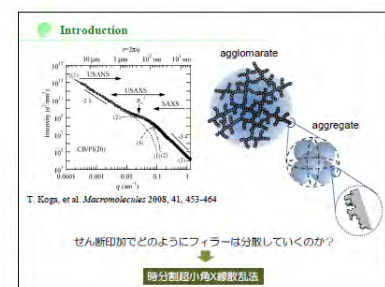
SPRing-8 BL20XU  
 エネルギー 23keV  
 検出器 CCD-H  
 測定時間 30sec  
 測定可能な領域 0.003nm<sup>-1</sup>~0.02nm<sup>-1</sup>  
 カメラ距離 150cm

ゴム  
 液体polyisoprene  
 クラシ(株) LIR-50  
 重量平均分子量2万

分散液  
 フィラー  
 カーボンブラック  
 N320

体積分率10%

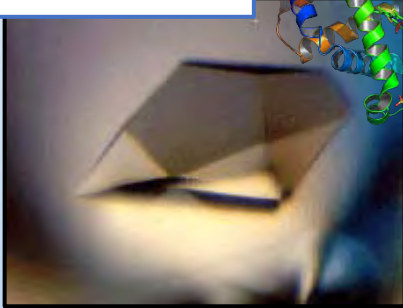
N320	81	75	28
------	----	----	----



# 生命・農林・水産業に関する放射光分析技術

- ① X線回折：タンパク質の単結晶構造解析
- ② 吸収・電子分光分析：食品および生体中の元素分布、化学状態の分析
- ③ 小角散乱：有機・無機生体物質の高次構造評価

タンパク質構造解析



加工食品・生体材料



農業



製薬



生活・ヘルスケア用品



漁業・養殖産業





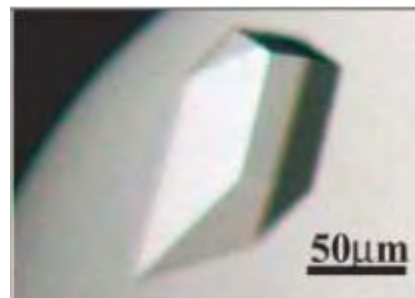
# 生命・農林・水産業に関連する放射光分析技術

## 【応用例：X線回折】

### ★(4-a)：マイクロビームを用いた単結晶タンパク質構造解析

高輝度のマイクロビームを用いて、従来解析が困難であった微小タンパク質単結晶を試料とする構造解析を実現

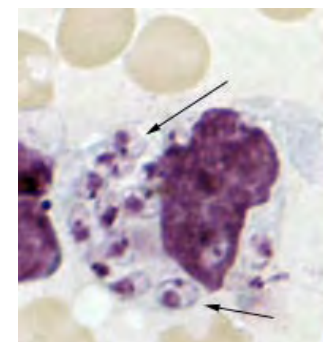
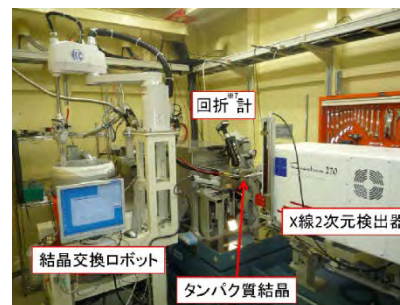
SP-ring 8 BL32XU



### ★(4-b)：タンパク質の立体構造を基にした薬物設計

熱帯病の治療薬標的となり得る寄生原虫タンパク質の三次元構造を調査

アステラス製薬(株), KEK

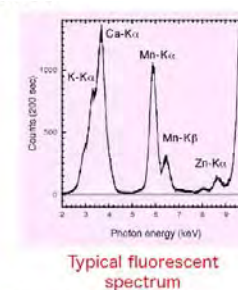
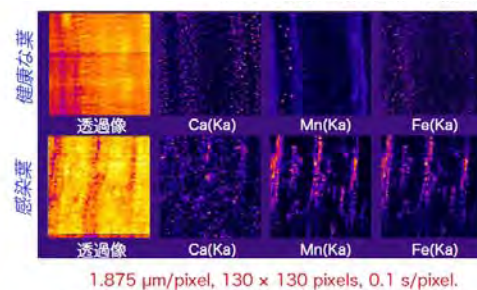


## 【応用例：吸収・電子分光分析】

### ★(4-c)：農作物の病気感染に伴う元素集積機構の分析

X線顕微鏡を用いた分析により、いもち病に感染した稲の葉における金属元素の特徴的な集積現象を観測

姫路工業大学, SP-ring 8





## ★(4-d) : 食品の産地判別技術の開発

黒大豆表皮中ストロンチウムを対象としたXRF測定により産地判別検査を非破壊で行う

兵庫県立農林水産技術総合センター, SP-ring 8



## 【応用例 : 小角X線回折】

### ★(4-e) : 生体組織の構造評価 (1)

初期虫歯におけるPOs-Caによる歯の再結晶化の検証

江崎グリコ株式会社, SPring-8 BL-40XU

産地判別

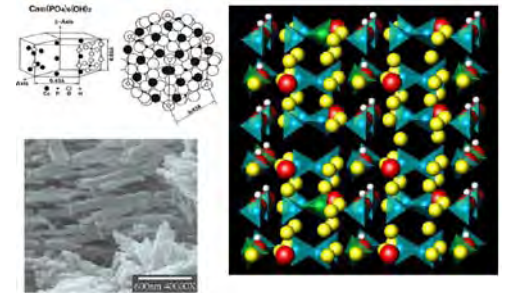
【初期むし歯におけるPOs-Caによる歯の再結晶化の検証】  
江崎グリコ株式会社 田中 智子氏

唾液等の働きにより、初期むし歯（初期う蝕）段階では、歯から溶け出したリン酸やカルシウムが再び歯に浸透する「再石灰化」が起こります。  
江崎グリコは、歯石灰化を促進させる成分「POs-Ca/ポスカ（正式名：リン酸化オリゴ糖カルシウム）」を研究開発し、ガムに配合して発売してきました。  
田中智子氏は、SPring-8の輝度マイカビームを用いて、この再石灰化部位の構造変化を検証し、POs-Caにより再石灰化した歯は、元の健康な歯と同じ結晶の並び（配向性）を有していることを、つまり「再結晶化」していることを確認し、歯の再石灰化が促進することを明らかにしました。

【POs-Ca配合の特徴】

- 歯の再石灰化を促進する働き
- 歯の再石灰化を促進する働き
- 歯の再石灰化を促進する働き
- 歯の再石灰化を促進する働き

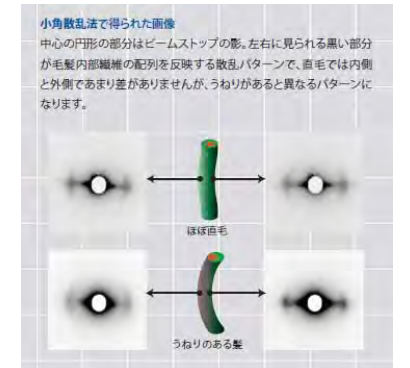
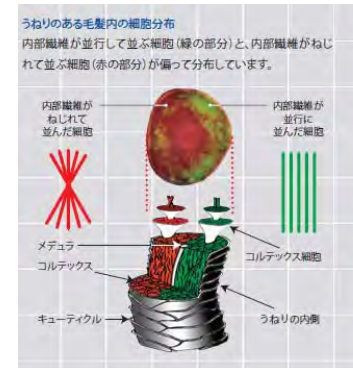
### Hydroxyapatite crystallite



### ★(4-f) : 生体組織の構造評価 (2)

髪の毛のツヤに関係するうねりを細胞レベルで定量的に評価。  
うねりを緩和しツヤを与える効果のある有機酸を配合したヘアケア製品を開発

花王株式会社, SPring-8



# エネルギー・資源・環境に関連する放射光分析技術

- ① X線回折：結晶性物質の構造解析
- ② 吸収・電子分光分析：生体・鉱産資源中の元素濃集部位、化学状態の分析
- ③ 小角散乱：有機・無機物質の高次構造評価

鉱業・有価金属回収



放射性物質検知・除去



有害金属除去・環境浄化



エネルギー



土壌・海洋汚染分析



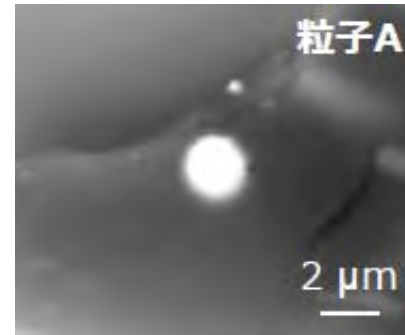
# エネルギー・資源・環境に関連する放射光分析技術

## 【応用例：X線回折】

### ★(5-a)：高濃度放射性微粒子の分析

福島原子力発電所事故で放出された、放射性大気粉塵中の高いセシウム濃度を示す微粒子の由来を分析

東京理科大学, 気象研究所, SPring-8

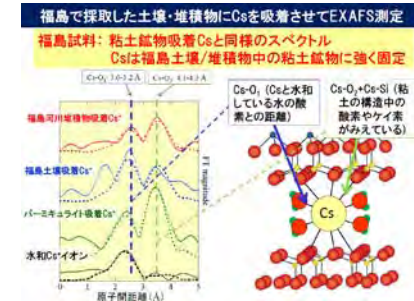
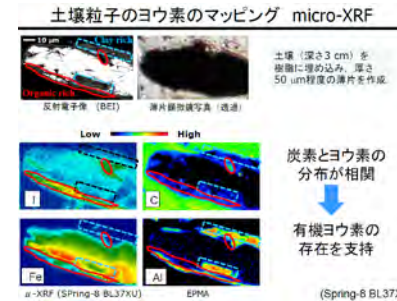


## 【応用例：吸収・電子分光分析】

### ★(5-b)：土壌中のヨウ素・セシウム分析

マイクロビームXRFおよびEXAFSにより土壌中のヨウ素およびセシウム原子の存在形態を評価

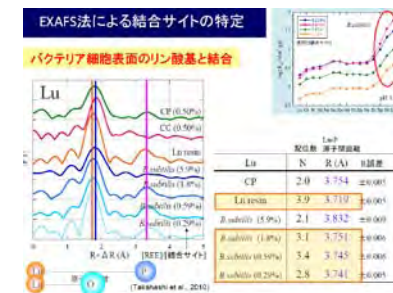
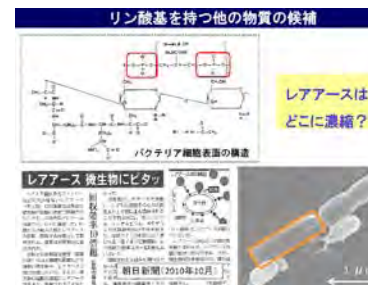
広島大学, SPring-8



### ★(5-c)：バクテリアによるレアアース元素濃集機構の分析

EXAFSにより、バクテリア表面のリン酸基にレアアース元素が濃集することを解明

広島大学, SP-ring 8

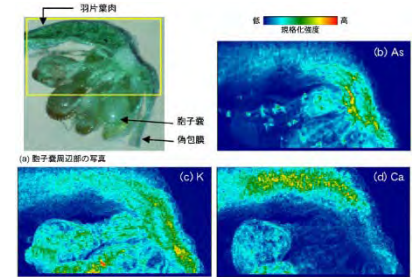




★(5-d)：植物による土壤中の有害元素の濃集機構の解明

マイクロビーム XRF を用いた分析によりシダ植物のヒ素濃集部位を特定

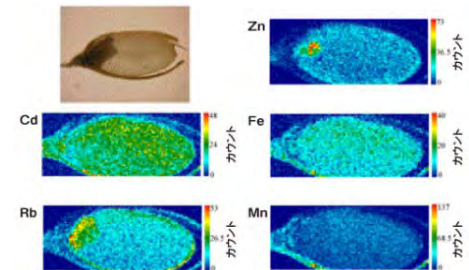
KEK BL-4A



★(5-e)：食品の重金属汚染検査技術の開発

マイクロビーム XRF を用いた三次元定量マッピングにより、法規制対象となる玄米中のカドミウム濃集部位を特定

SPring-8



【応用例：小角散乱】

★(5-f)：燃料電池用有機伝導膜の構造解析

超小角散乱測定により固体高分子型燃料電池に用いる炭化水素系プロトン伝導膜の相分離構造を調査

SPring-8

