



Center for **A**dvanced **M**icroscopy and **S**pectroscopy  
Institute of **M**ultidisciplinary **R**esearch for **A**dvanced **M**aterials  
Tohoku University



物理専攻 電子線ナノ物理 / 多元研 電子回折・分光計測

# 電子線を用いた局所領域の構造・物性

( <http://www.tagen.tohoku.ac.jp/labo/terauchi/index-j.html> )

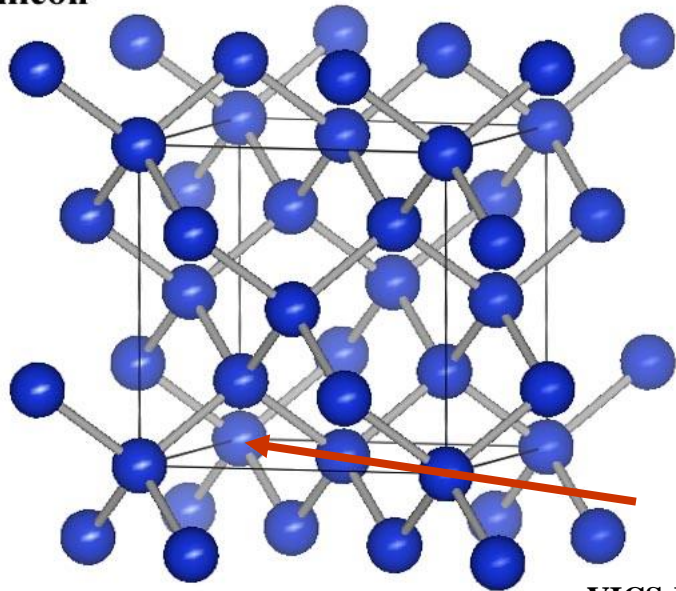
A group photograph of several researchers, including a man in the foreground and others standing behind him, in a laboratory setting.

nm-scale total-analysis based on TEM

☆見学等の問い合わせ先：津田 tel. 022-217-5374, email: [k\\_tsuda@tagen.tohoku.ac.jp](mailto:k_tsuda@tagen.tohoku.ac.jp)

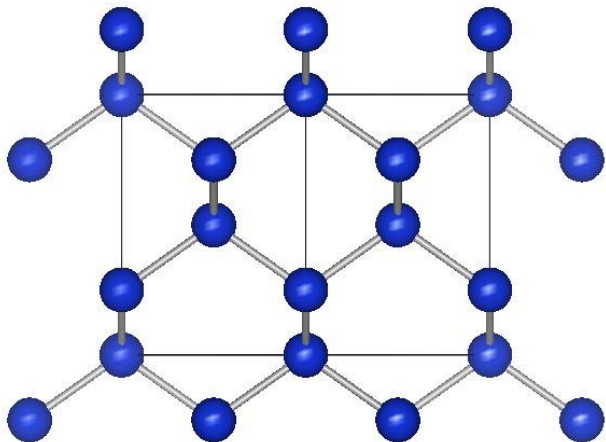
# 電子顕微鏡でみたSi単結晶の原子配列

Silicon

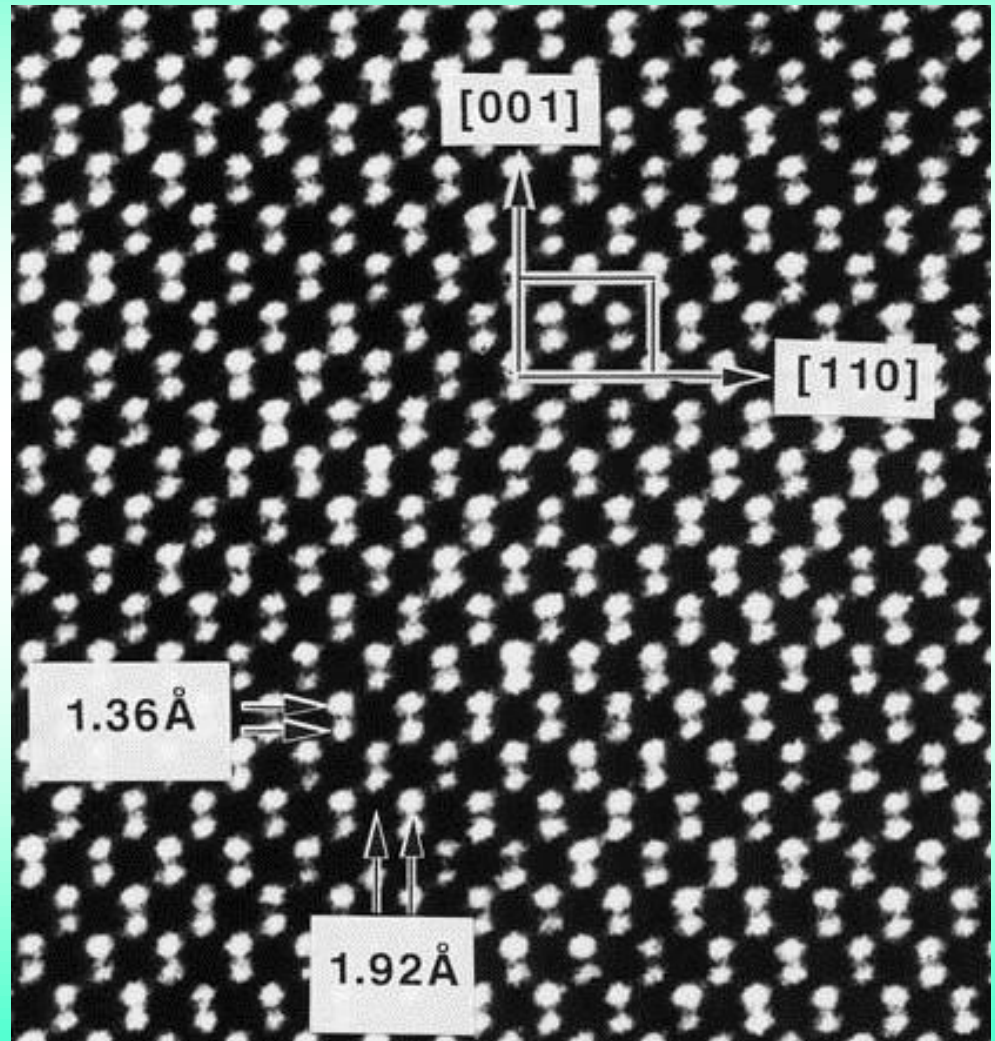


VICS-II

矢印の方向から見ると

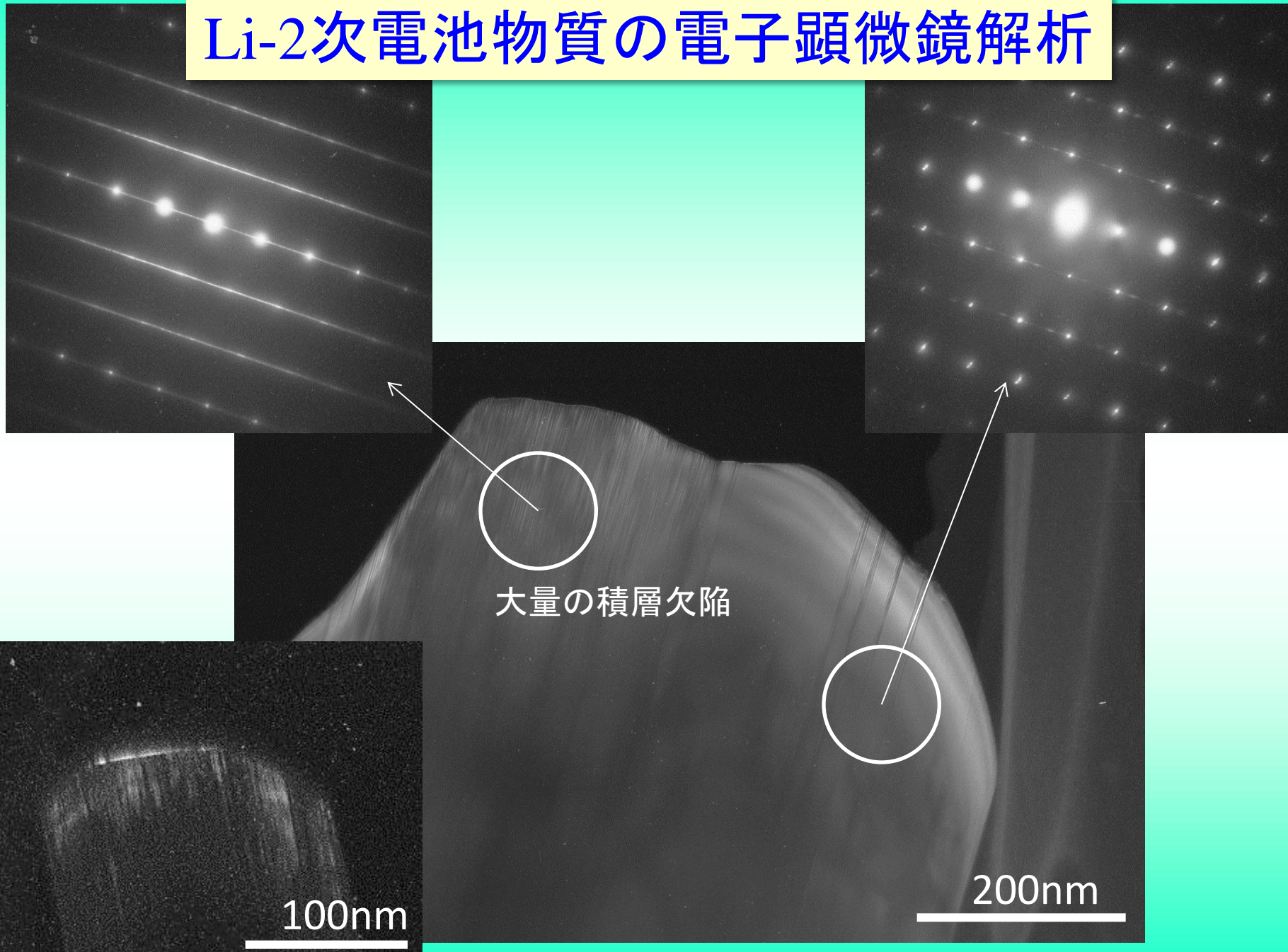


実際の電子顕微鏡写真



1 Å = 0.1nm

# Li-2次電池物質の電子顕微鏡解析



大量の積層欠陥

100nm

200nm

# 電子散乱・励起分光による構造・機能の研究

高速入射電子

$e^-$

電子顕微鏡を用いた顕微物性研究

軟X線発光 (SXES)  
価電子状態

Photon emission  
(CL)

Secondary electrons  
(SEM)

Auge electrons  
(AES)

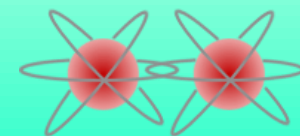
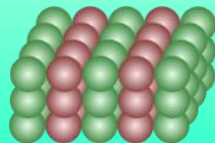
試料

弾性散乱電子 (CBED)  
結晶構造・価電子分布

非弾性散乱電子 (EELS)  
電子構造・誘電物性

$e^-$

透過電子

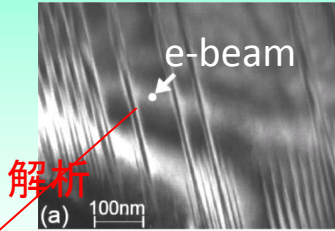


# 実際の研究: 例えば...

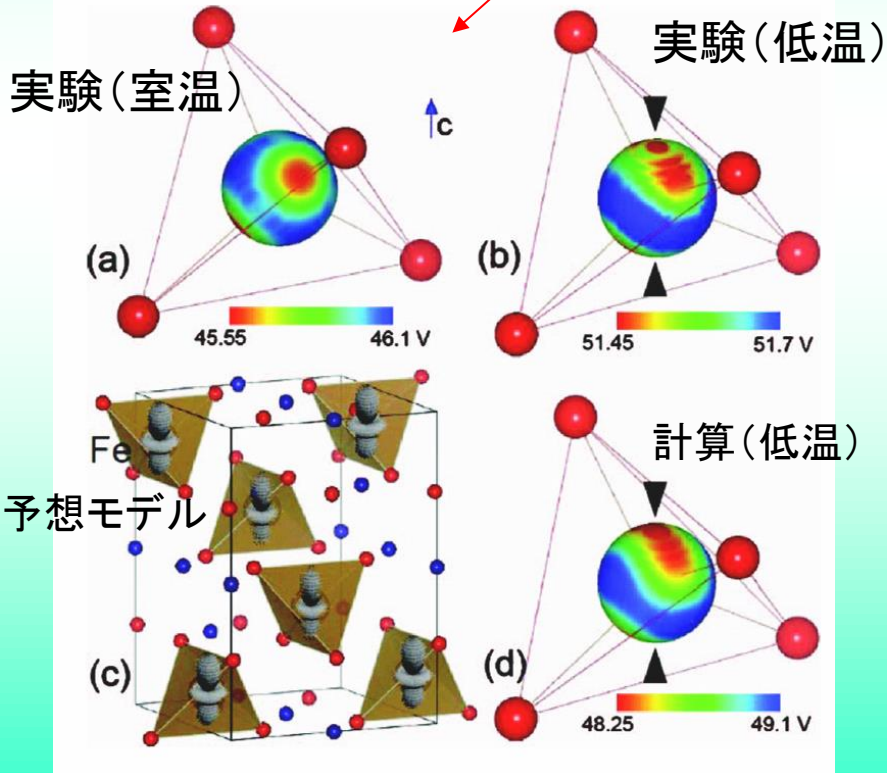
軌道秩序状態の直接観察(基礎研究)

& 熱線遮蔽材料の機能解明(応用研究)

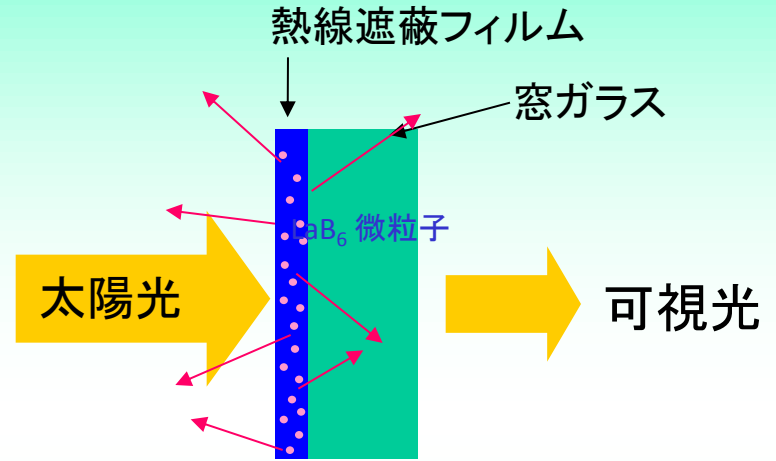
価電子状態に敏感な低角散乱強度の精密解析により $\text{FeCrO}_4$ の異方的分布の可視化に成功



解析



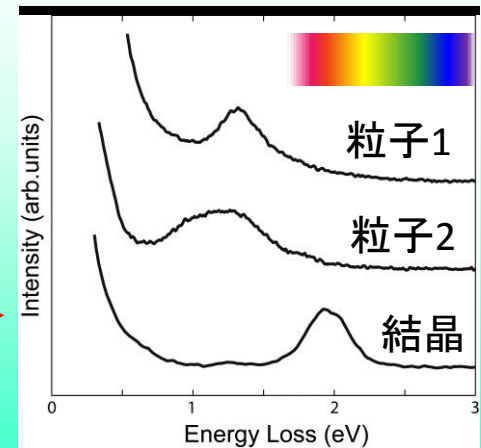
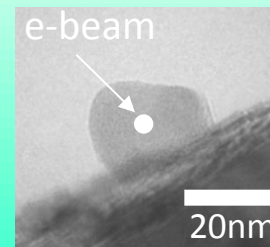
(有馬研究室との共同研究)



なぜ金属ナノ粒子が赤外線を散乱?

↓ 電子ナノプローブ

金属ナノ粒子の赤外応答(熱遮蔽の起源)を解明



(住友金属鉱山(株)との共同研究)

# 解析にはシュレーディンガーの 波動方程式を解く必要あり

$$\nabla^2\psi(\mathbf{r}) + (8\pi^2me/h^2)[E + V(\mathbf{r})]\psi(\mathbf{r}) = 0$$

入射電子の波動関数

物質中の原子種・配列の情報

入射電子のエネルギー:  $v \sim c/2$

→ 相対論効果を $V(\mathbf{r})$ に取り込んだ計算をする

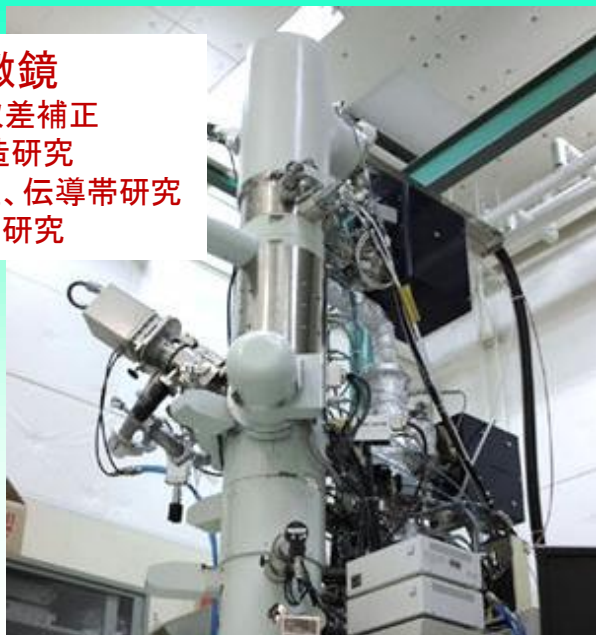
物質中での高速電子表す波動関数

$$\psi(\mathbf{r}) = b(\mathbf{k}, \mathbf{r}) = \sum_g C_g(\mathbf{k}) \exp(2\pi i(\mathbf{k} + \mathbf{g}) \cdot \mathbf{r})$$



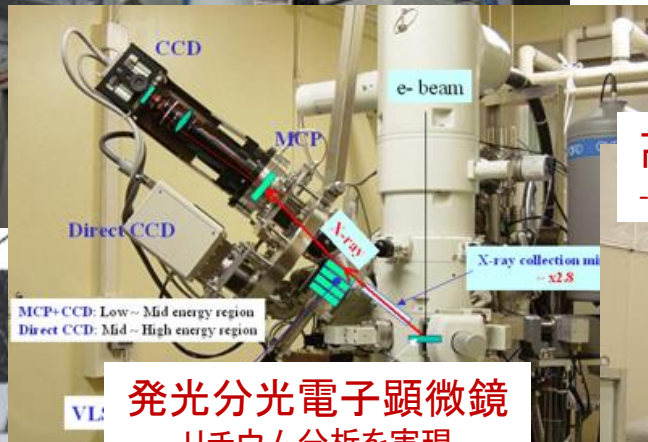
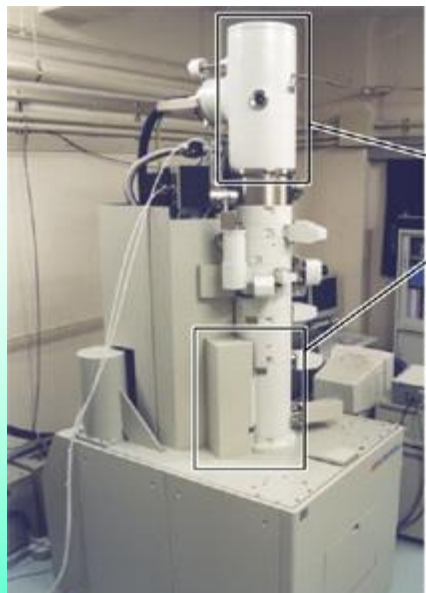
## 総合分析電子顕微鏡

- ・トンネル電流光源、収差補正
- ・sun-Åプローブ→構造研究
- ・吸収分光→光学特性、伝導帯研究
- ・発光分光→価電子帯研究



## 形態観察-分光電子顕微鏡

-新規機能材料解析用に開発中！-

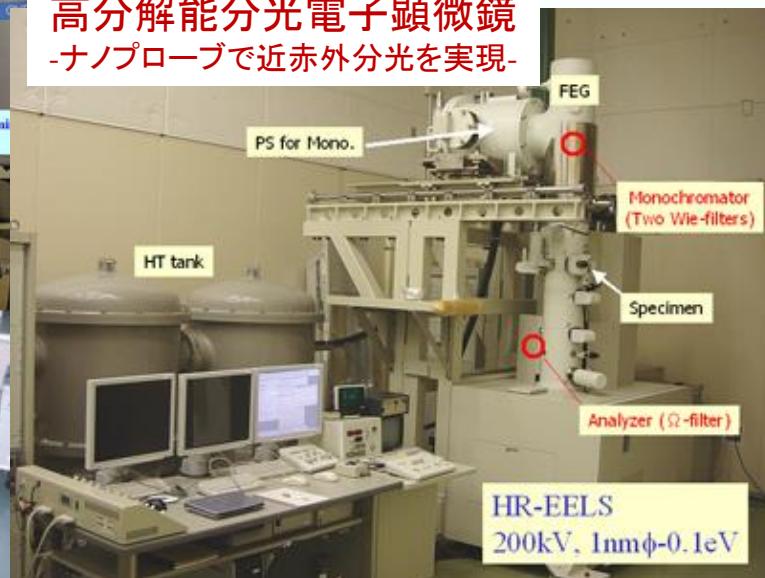


## 発光分光電子顕微鏡

-リチウム分析を実現-

## 高分解能分光電子顕微鏡

-ナノプローブで近赤外分光を実現-

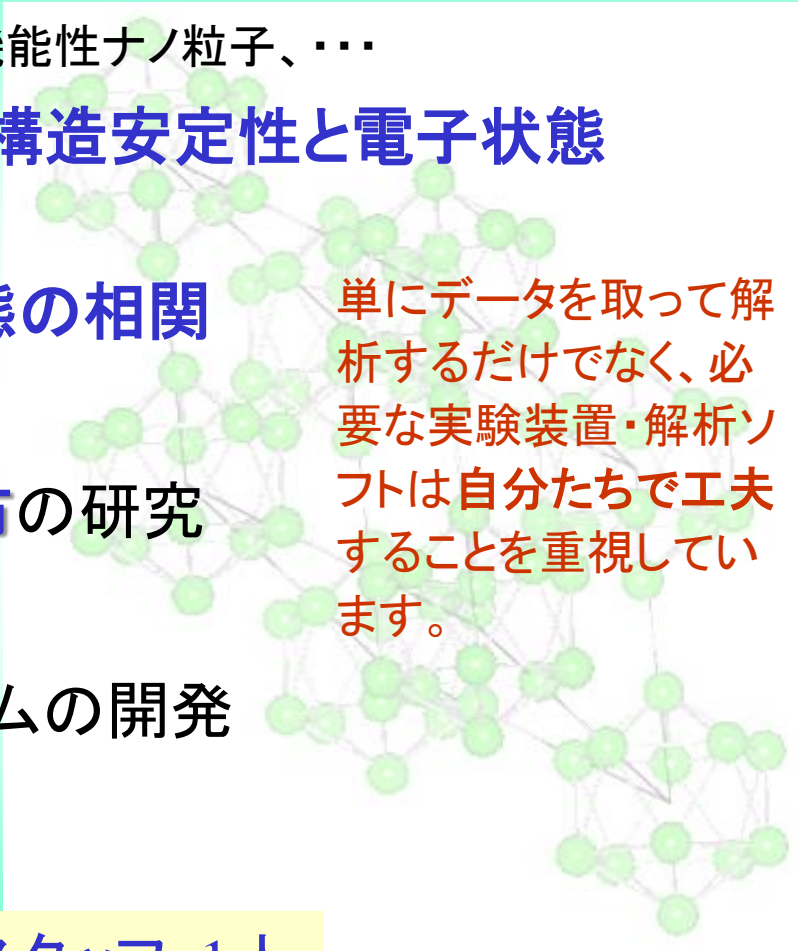


## 結晶ポテンシャル解析用分光顕微鏡

-計算システムと一体で定量解析を実現-

# 現在の研究テーマ

- **クラスタ物質やナノネットワーク物質: 新たな構造単位物質の物性**  
CNT、カーボンクラスタ、ボロンクラスタ、機能性ナノ粒子、...
- **擬ギャップと結合状態変化の相関: 構造安定性と電子状態**  
準結晶、近似結晶、金属間化合物、...
- **強相関電子系物質: 構造と電子状態の相関**  
マルチフェロイック物質
- **構造相転移と静電ポテンシャル分布の研究**  
強誘電体、相転移、価電子分布変化
- **ナノスケール軟X線発光分析システムの開発**  
産・官・学連携の分析機器開発 → 商品化



単にデータを取って解析するだけでなく、必要な実験装置・解析ソフトは自分たちで工夫することを重視しています。

研究スタッフ: 3人、技術スタッフ: 1人  
学生: M2-2人、M1-1人