

# 2ビーム利用の検討状況

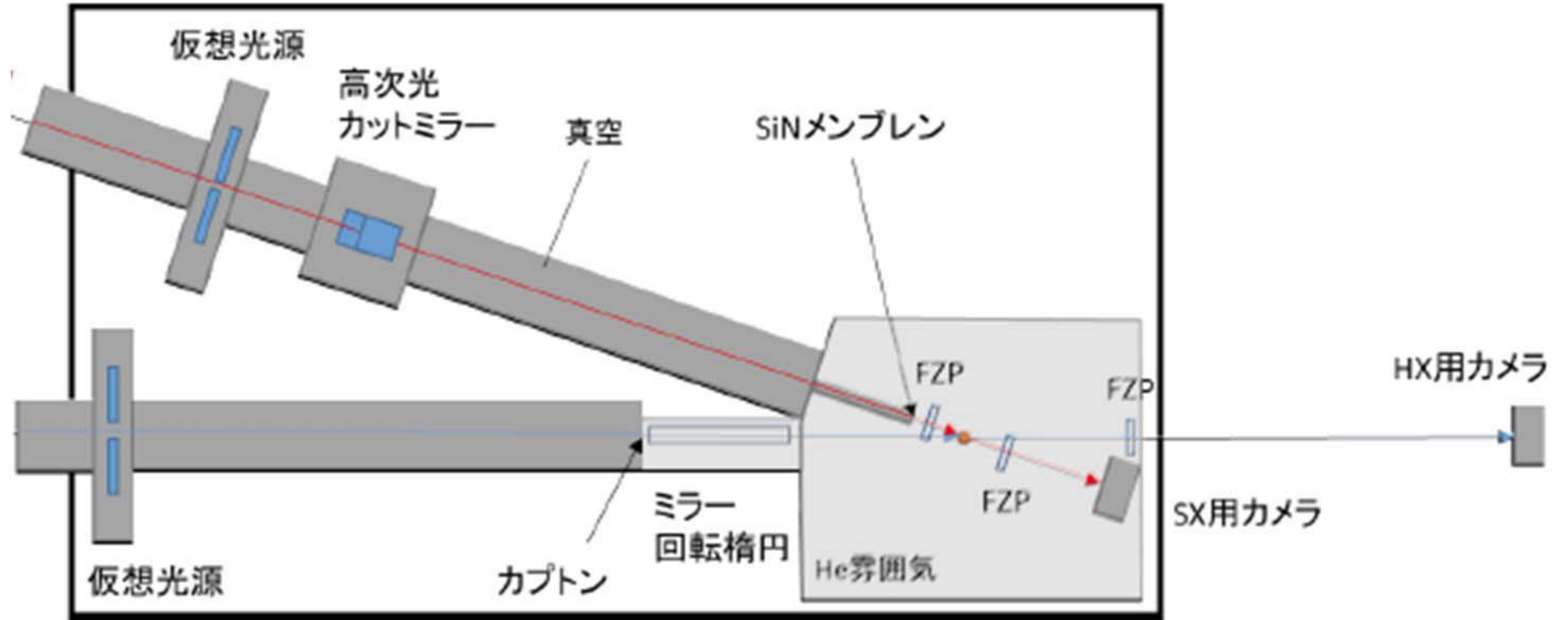
PF-UA

阿部 善也(東京電機大学 工学研究科 物質工学専攻)

# 2ビーム利用技術の開発と応用

**SX (30 nm):**  
**50-1800 eV**

**HX (30  $\mu\text{m}$ ):**  
**4-15 keV**  
**(30 keV)**



現状の計画ではSX+HXだが、将来的な応用を視野に  
ここではHX+HXについて事例を紹介

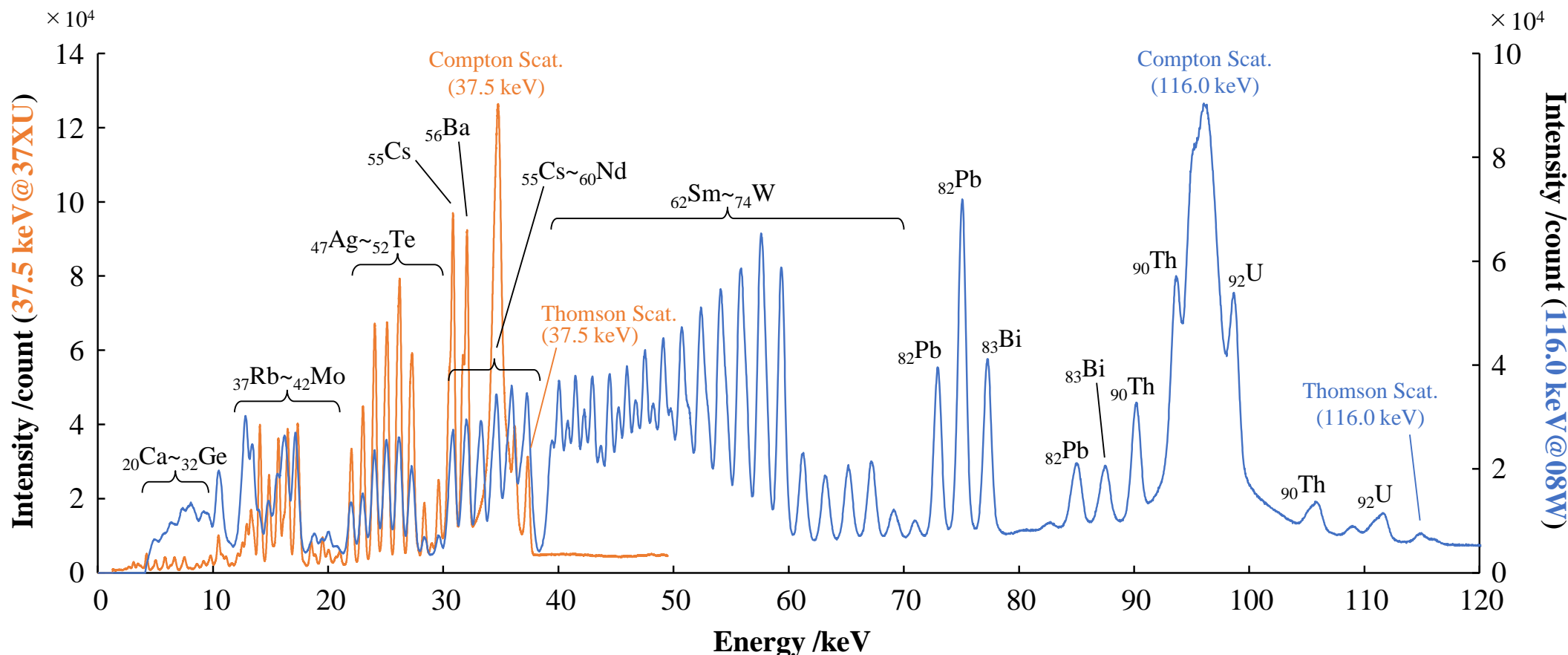
# 事例①：単色X線励起による高感度ED-XRF

## 単色X線励起によるED-XRF

長所：優れたS/B比，元素選択性

短所：照射Eを超える吸収端は励起できない，吸収端から離れるほど感度低下

⇒ 2種類以上の単色X線を相補利用することで，幅広い元素に対して高感度な分析が可能に



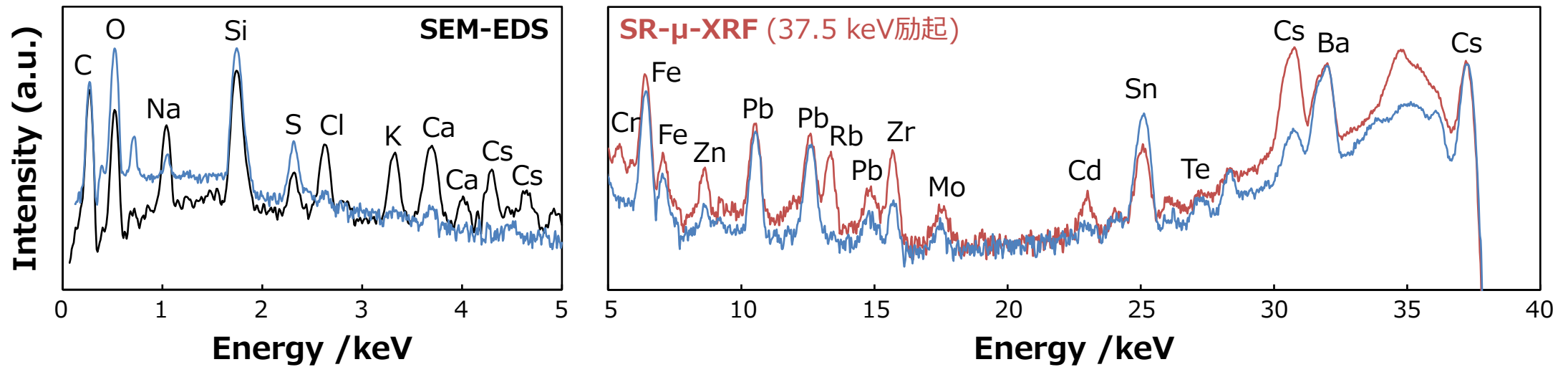
様々な元素を500 ppmずつ含むガラス製認証物質 (SRM610) のED-XRFスペクトル

# 事例②：軽元素から重元素までの元素マッピング

現在想定されている実験レイアウトでは **ナノビーム&マイクロビーム**を利用できる

⇒「エアロゾル1粒子単位の分析」のようなアプリケーションを想定可能

例：福島第一原発事故により大気中に放出された放射性エアロゾル<sup>1)</sup>



EDSおよびSR- $\mu$ -XRFスペクトル (SEM-EDS / SR- $\mu$ -XRF / 水による抽出後)



元素マッピングの結果 (SEM-EDS / SR- $\mu$ -XRF / 水による抽出後)

1) 小野崎ら：「分析化学」**68**, 757 (2019).

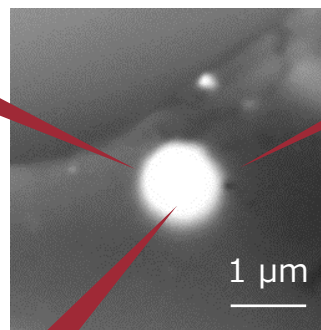
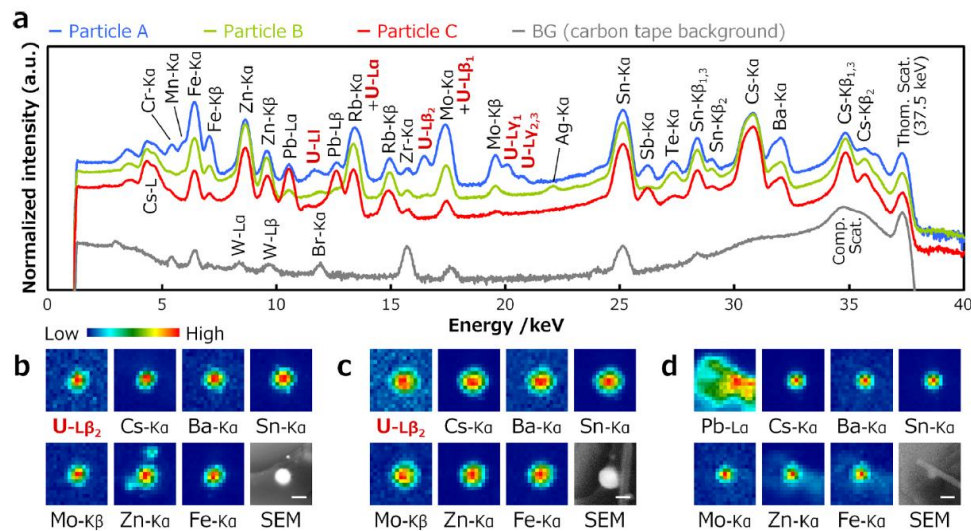
# 事例③：励起エネルギーが異なるX線分析の複合利用

励起に用いるエネルギーが異なる複数のX線分析を複合的・相補的に利用可能

例：福島第一原発事故により大気中に放出された放射性エアロゾル<sup>1)</sup>

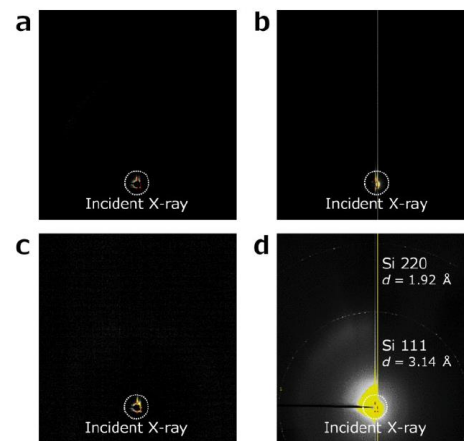
## XRF：化学組成・元素分布

15 keV励起 + 37.5 keV励起



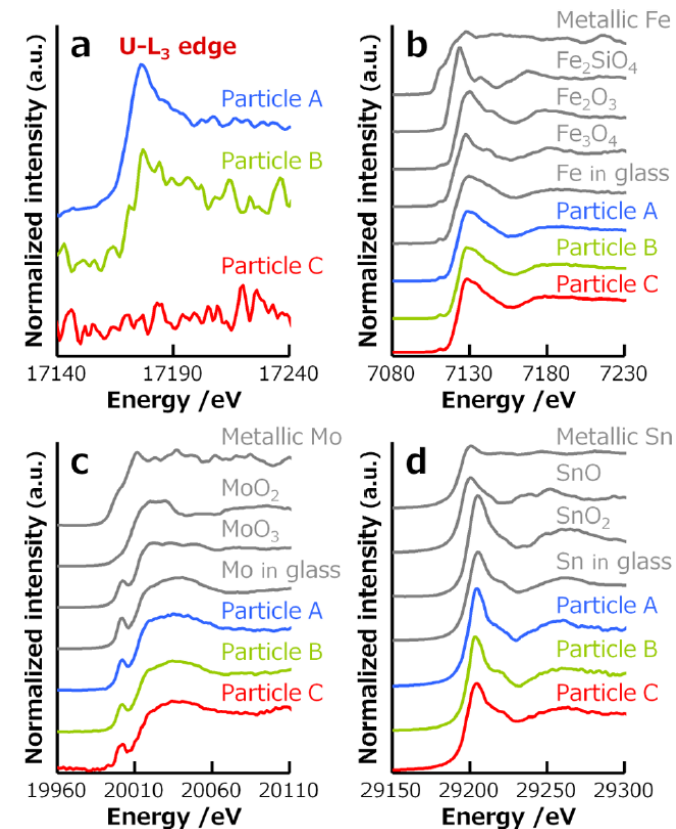
## XRPD：結晶構造

15 keV励起



## XANES：化学状態

Fe-K (7.1 keV) ~ Sn-K (29.2 keV)



※ 1試料の分析を行うために  
6時間×ビームタイム2回分を要した

1) Y. Abe et al.: *Anal. Chem.* **86**, 8521 (2014).

# 「2回のビームタイムの実験」とどのように区別できるか

---

- **比較的短い時間スケールで変化を生じる試料** ⇒ 同一のサンプルに対して複数の実験  
(例) ・ 電池の充放電に伴う物理・化学的な変化の追跡
  - ・ 生体試料内での元素の輸送・蓄積機構
  - ・ 放射壊変等による元素の損失が想定される試料
- **時間的な制約がある分析試料** ⇒ 1回のビームタイムで多角的な実験を行えることは重要  
(例) ・ 「リュウグウ」試料の初期分析など希少性の高いサンプル
  - ・ 文化財や絵画：運搬や施設外に置くこと自体が大きなりスク

**計画で示されているスペックにとらわれず  
「実際に使う側 = ユーザー」から自由な意見を集約していきたい**