

顕微ラマンマッピングを用いた環境試料中ウラン微粒子に対する化学状態分析手法の検討

日本原子力研究開発機構 安全研究・防災支援部門安全研究センター
燃料サイクル安全研究ディビジョン 保障措置分析化学研究グループ 蓬田 匠



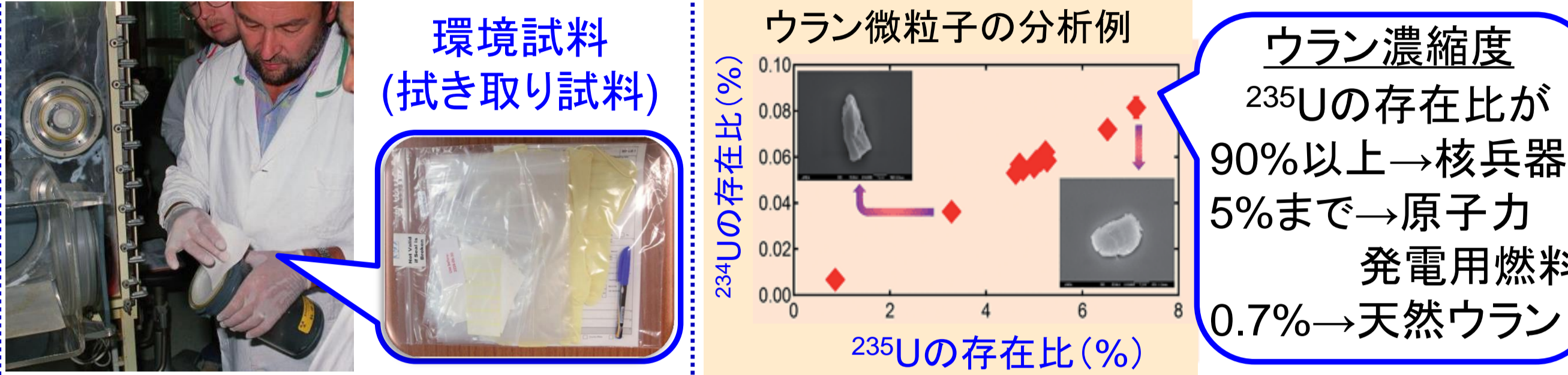
Key point 環境試料中の微粒子に対してX線分析とラマン分光分析の異なるマッピングを組み合わせた分析手法を適用した。微粒子中の共存元素の影響を低減し、**直径数マイクロメートルのウラン微粒子(UO₂)の化学形を判別できた。**

1. 背景

環境試料中に含まれる**ウラン微粒子の化学状態**は、保障措置環境試料分析において**重要な情報を持つ**

保障措置環境試料分析とは？^{*1-3}

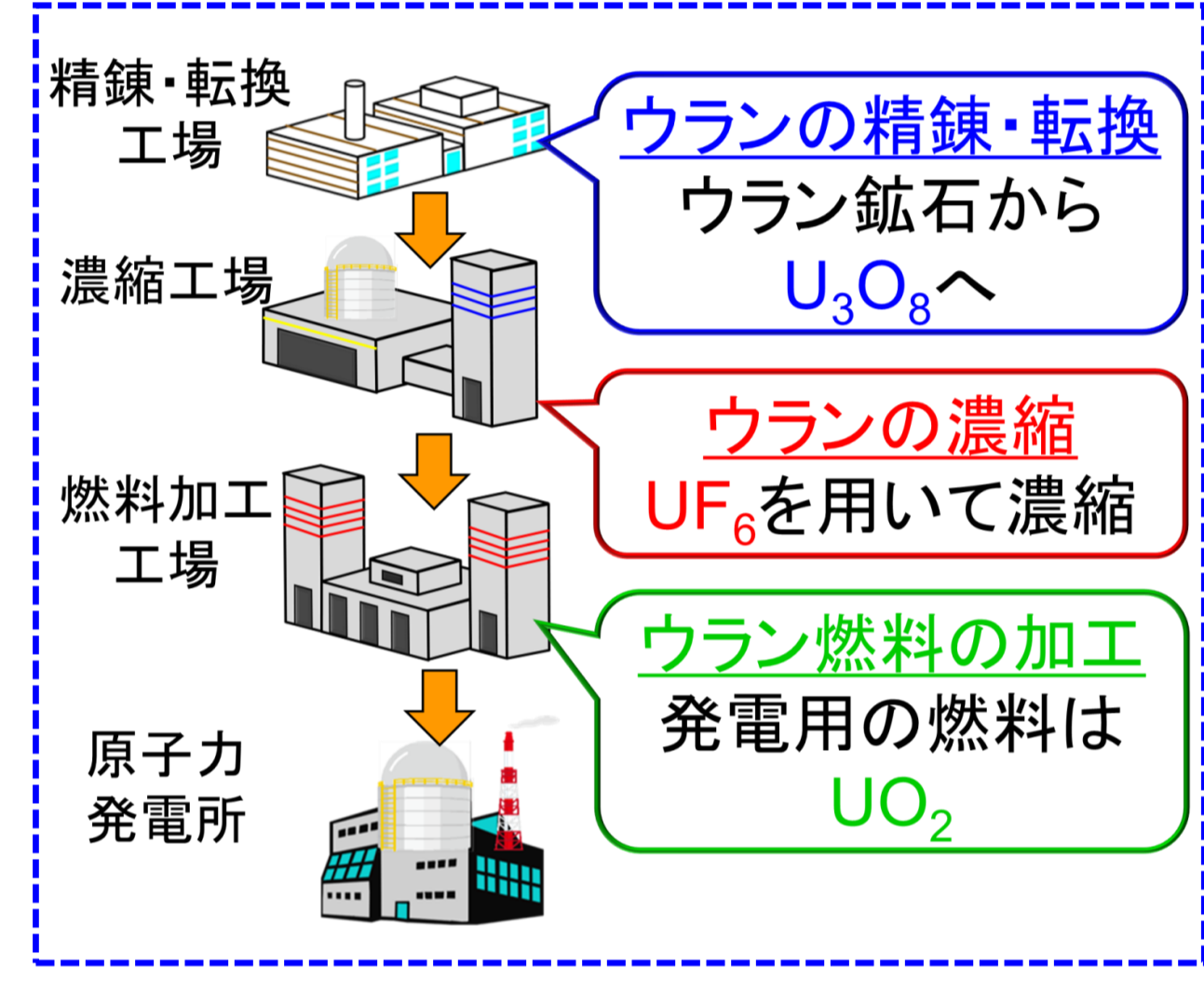
原子力施設で採取された環境試料中の核物質(ウランやプルトニウム)を分析



施設で行われる原子力活動(ウラン濃縮, 再処理, 核兵器開発等)を推定し, **未申告原子力活動を検知する**

燃料製造工程のウランの化学形

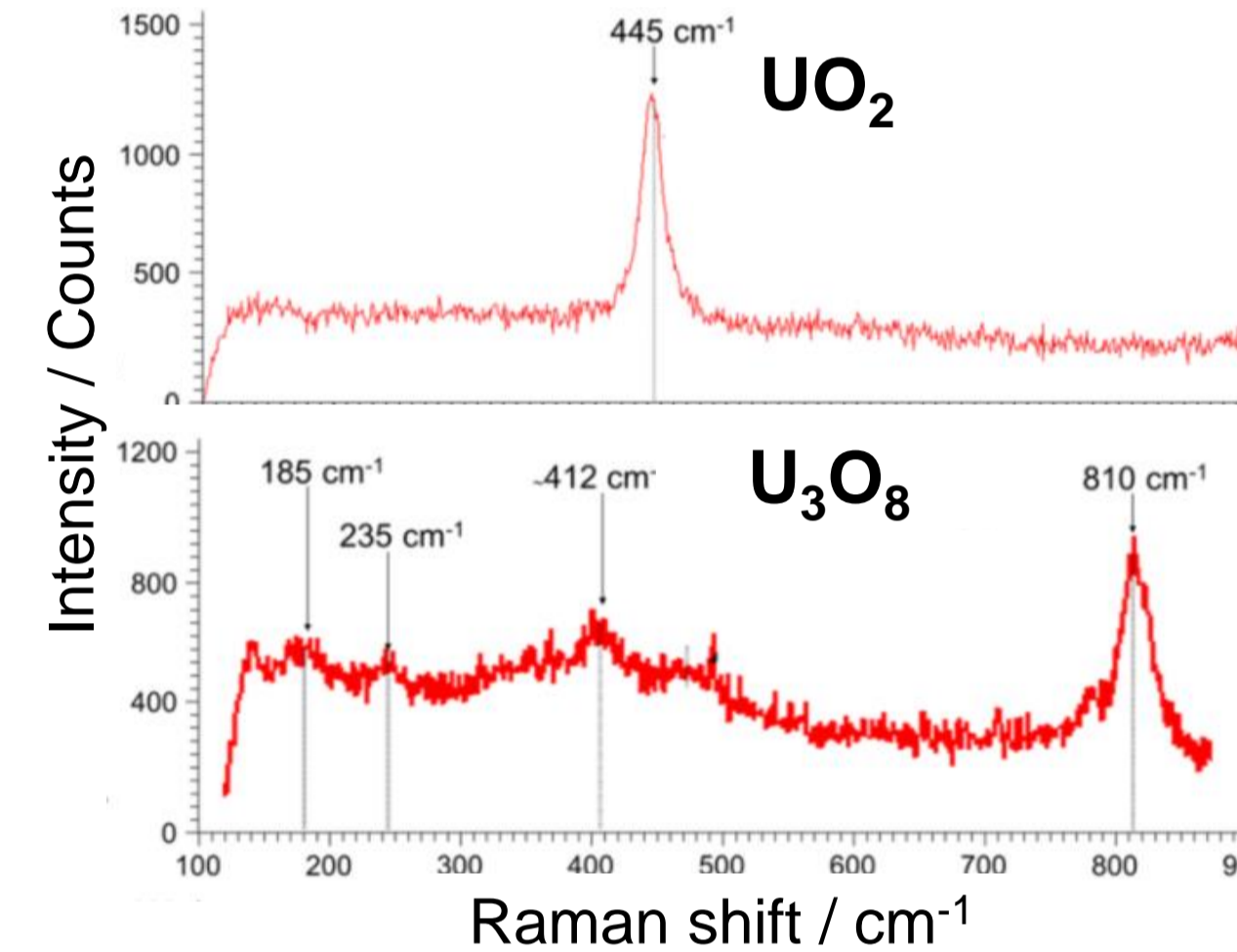
精錬・転換・濃縮過程で化学形が異なり保障措置上有用な情報を持つ



現時点で化学状態分析手法は未確立

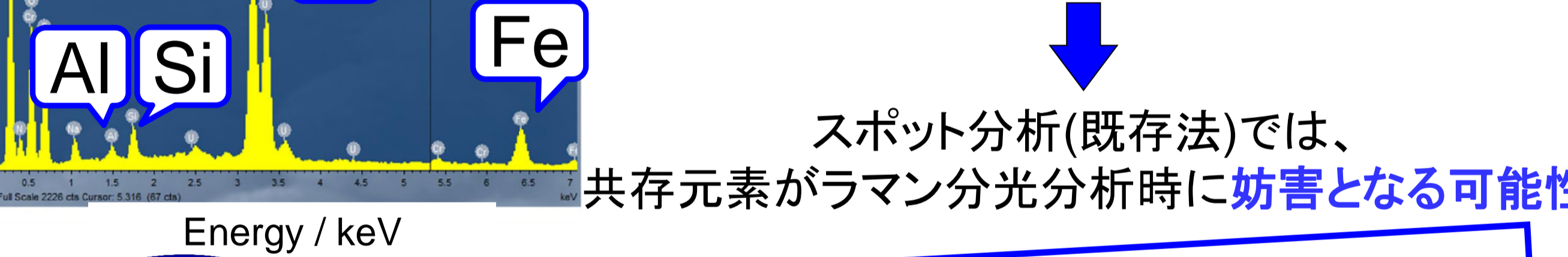
顕微ラマン分光法を用いた標準ウラン微粒子の分析例^{*4}

ラマンスペクトルは化学構造情報を反映→**化学形の判別が可能**



環境試料中に含まれるウラン微粒子の化学形を判別するための課題

ウラン微粒子の元素組成例
環境試料中のウラン微粒子には、ウラン以外の共存元素が偏在する場合^{*5}がある



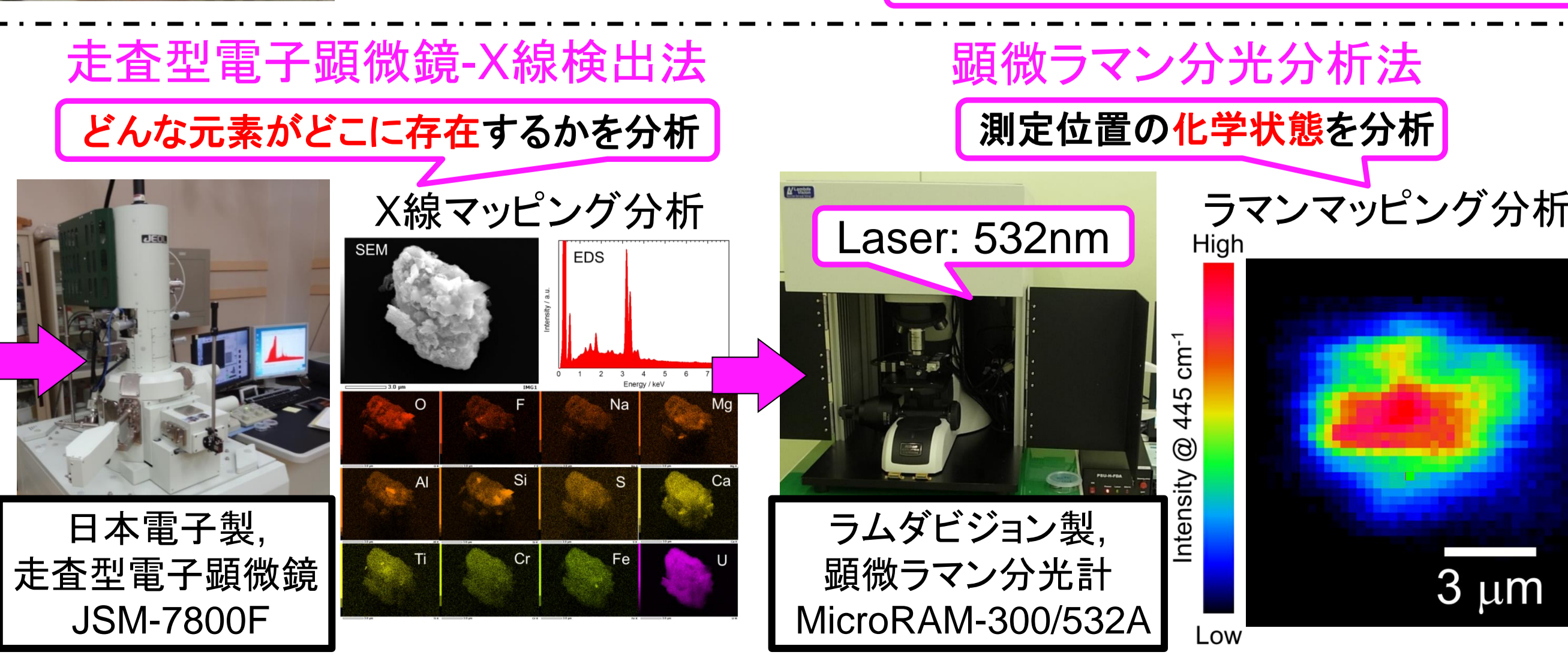
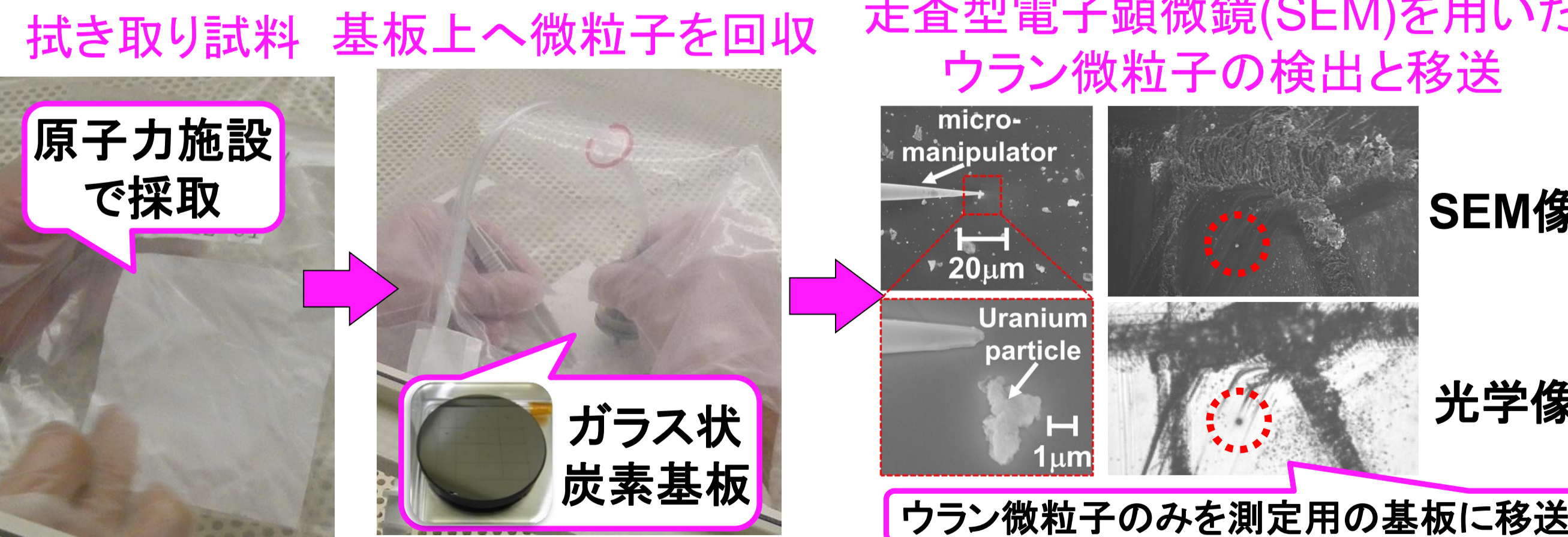
課題 共存元素の偏在するウラン微粒子に対して、その化学状態を分析するにはどのような方法が良いか？

2. 目的

X線分析とラマン分光分析の異なるマッピング分析手法を**組み合わせ**, 実際の環境試料中のウラン微粒子の化学状態の判別を試みる

3. 実験

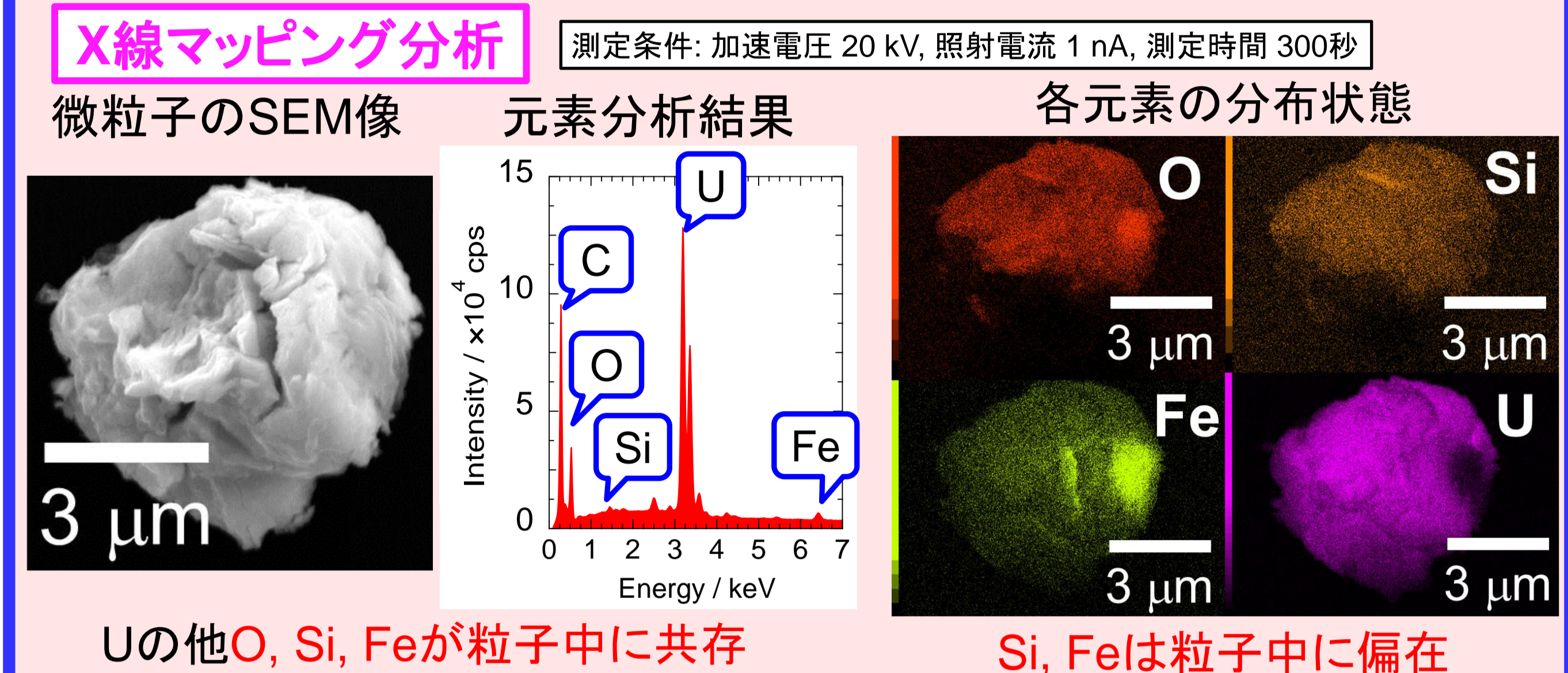
実際の環境試料からウラン微粒子を検出して分析



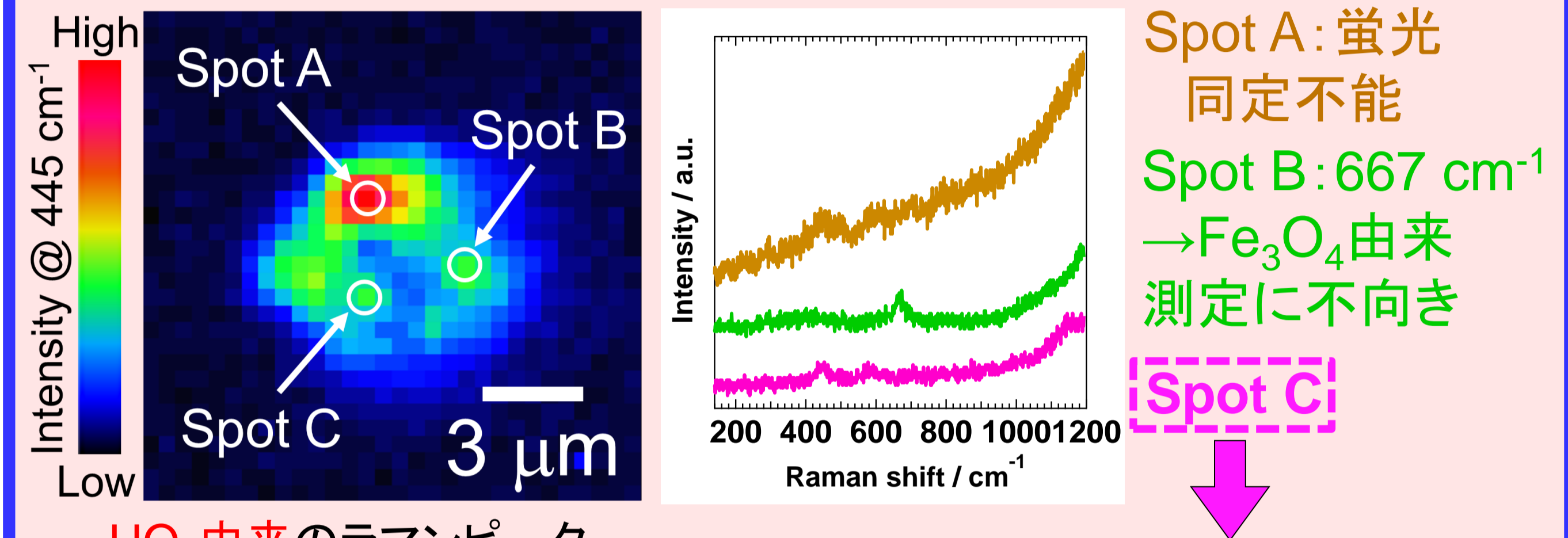
4. 結果と考察

マッピング分析により**顕微ラマン分光測定位置を最適化**し, 共存元素の影響を低減

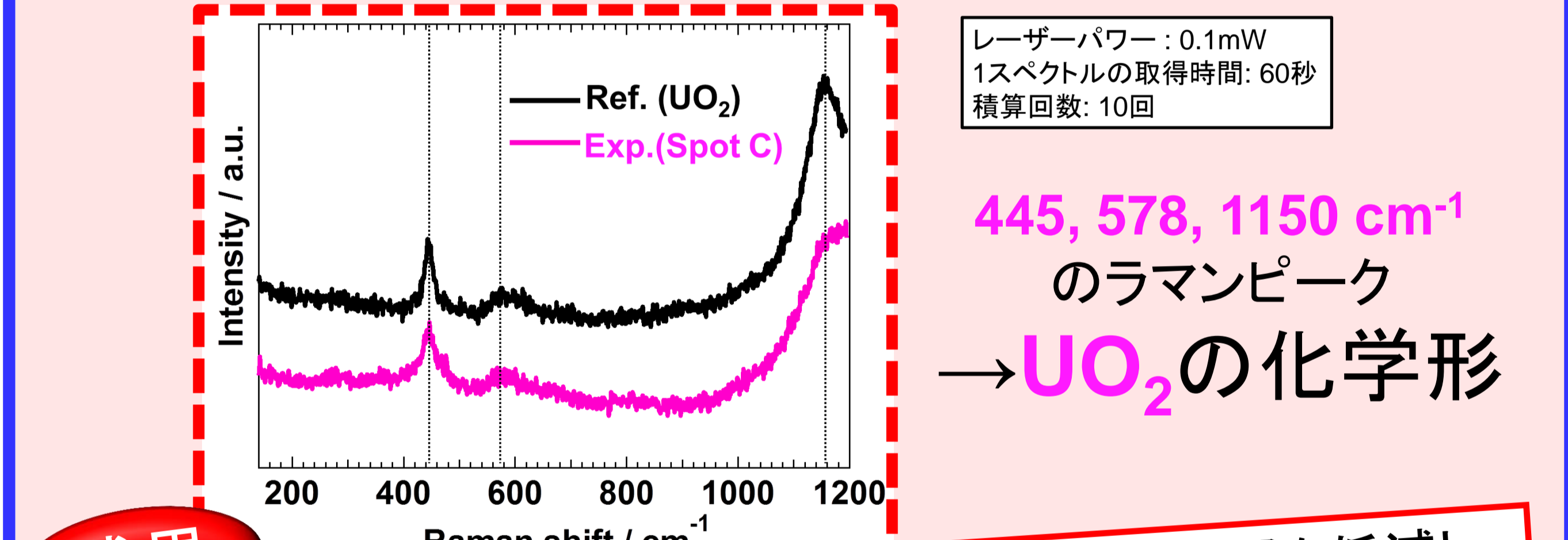
実際の環境試料中のウラン微粒子の測定例



顕微ラマンマッピング分析

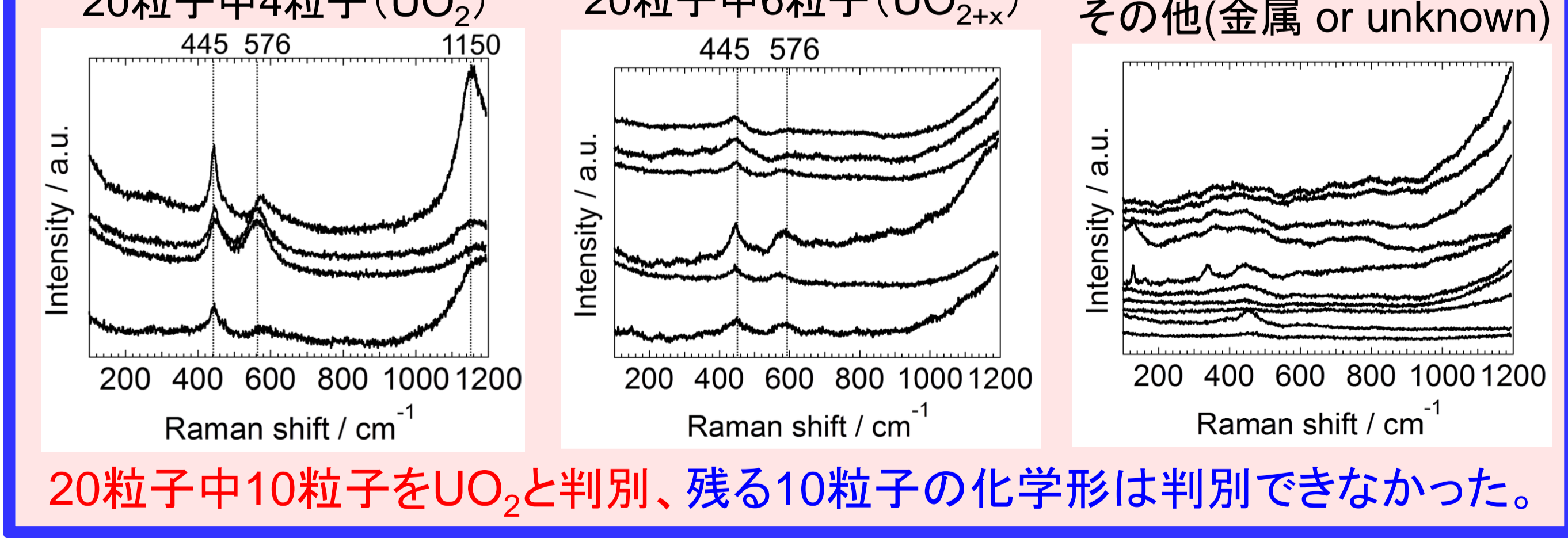


分析結果から**最適な測定位置を決定**



成果 測定位置の最適化で偏在する共存元素の影響を低減し、**環境試料中のウラン微粒子(UO₂)の化学形を判別できた**

環境試料中のウラン微粒子の化学状態分析結果



5. 結論

原子力施設で採取された環境試料に含まれる**ウラン微粒子の化学状態を判別可能な新規分析手法を開発**した。本法を実試料に適用し、**直径数μmのUO₂の化学形を判別**できた。

6. 今後の課題

ウラン自体から出る蛍光は除去できない
測定時のレーザー波長を変え、ウラン由来の蛍光除去を可能にする

7. 謝辞

本発表には、原子力規制庁から委託を受けて実施した「保障措置環境分析調査」の成果の一部が含まれる。

8. 引用

^{*1}https://www.iaea.org/newscenter/news/swipe-check-collecting-and-analysing-environmental-samples-nuclear-verification; ^{*2}S. Boulyga et al., J. Anal. At. Spectrom. 2015, 30, 1469; ^{*3}F. Esaka et al., Anal. Methods, 2016, 8, 1543; ^{*4}F. Pointurier et al., J. Raman Spectrosc., 2013, 44, 1753; ^{*5}E. Hansson et al., Spectrochim. Acta. B, 2017, 131, 130.