



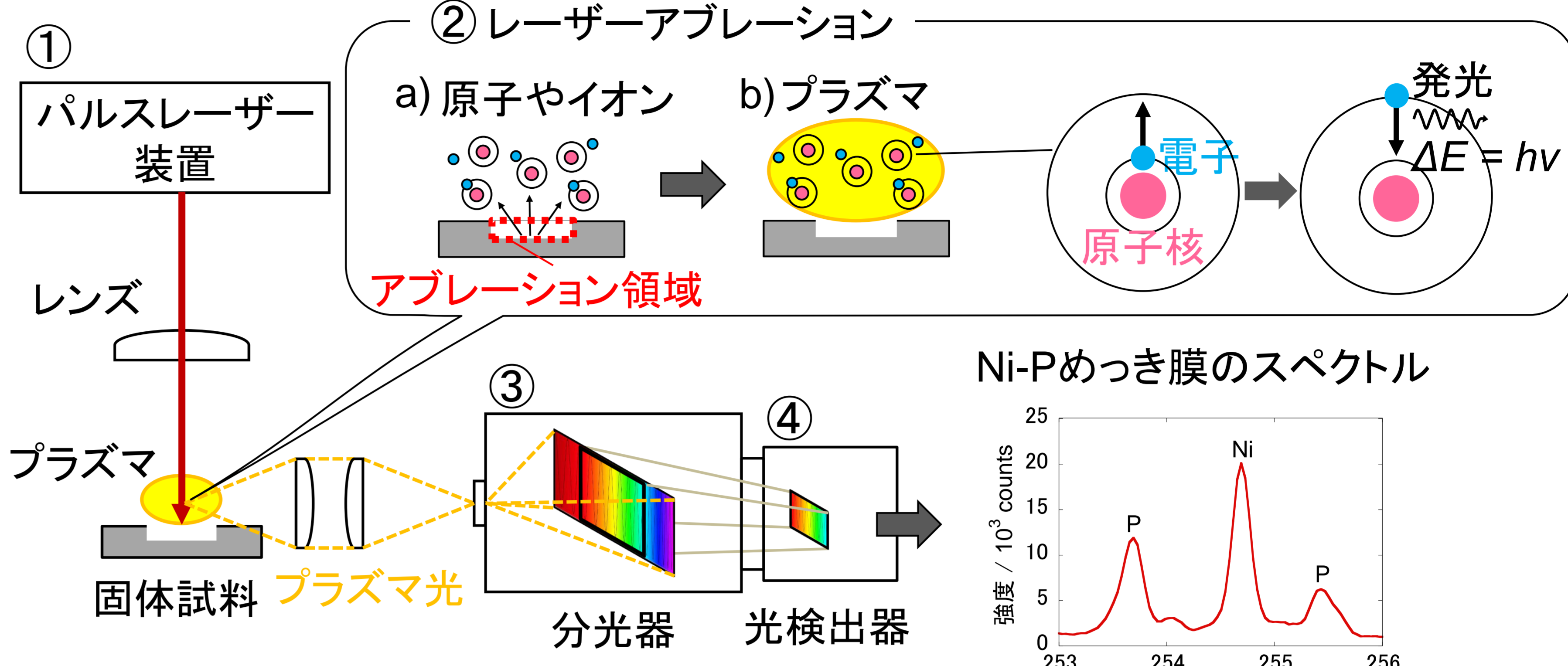
貴金属ナノ粒子を利用した高感度レーザー分析技術の開発

兵庫県立大学 大学院工学研究科 化学工学専攻 ○仲野春香, 島津佑輔, 松本 歩, 八重真治
 TEL: 079-267-4912, E-mail: matsumoto.ayumu@eng.u-hyogo.ac.jp

10/1-12/31 知の交流シンポジウム

● レーザー誘起ブレイクダウン分光¹⁾ (Laser-induced breakdown spectroscopy, LIBS) の原理 (動画再生)

- ① 固体試料の表面に高強度のパルスレーザーを集光照射
- ② レーザーアブレーション現象によりプラズマが生成
- ③ プラズマの発光を分光器に入射
- ④ 光検出器で光強度を測定 → 試料の元素を同定



1) 松本 歩, 八重真治; 材料の科学と工学, 57, 1 (2020).

● レーザーアブレーション

- a) 試料表面が加熱され原子などが放出される (試料の一部は破壊される: アブレーション領域)
- b) プラズマ中で励起された電子が上の準位から下の準位に遷移する際に元素固有の波長の光を放出

● LIBSの特徴

- レーザーを照射してから瞬時に結果が得られる
- 軽元素を含む全ての元素を同時に検出可能
- 光ファイバーや長焦点レンズを用いて遠隔分析が可能

● LIBSの応用例

● 火星表面の調査²⁾



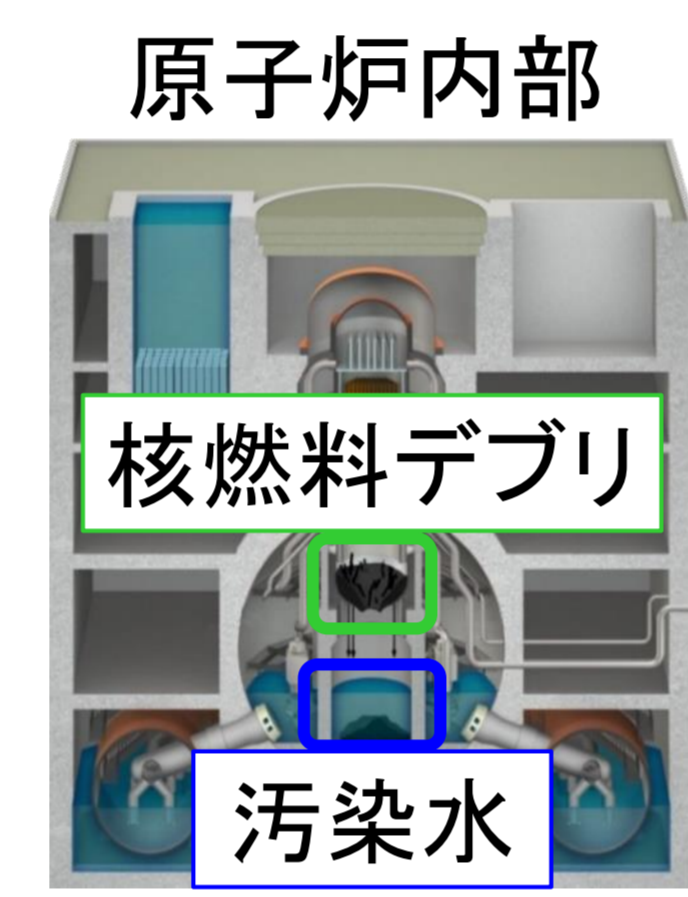
● 海底資源の調査³⁾



2) R. C. Wiens, et al., *Space Sci. Rev.* 170, 167 (2012).

3) B. Thornton, A. Matsumoto (6th), et al., *Deep Sea Res.*, 195, 20 (2015).

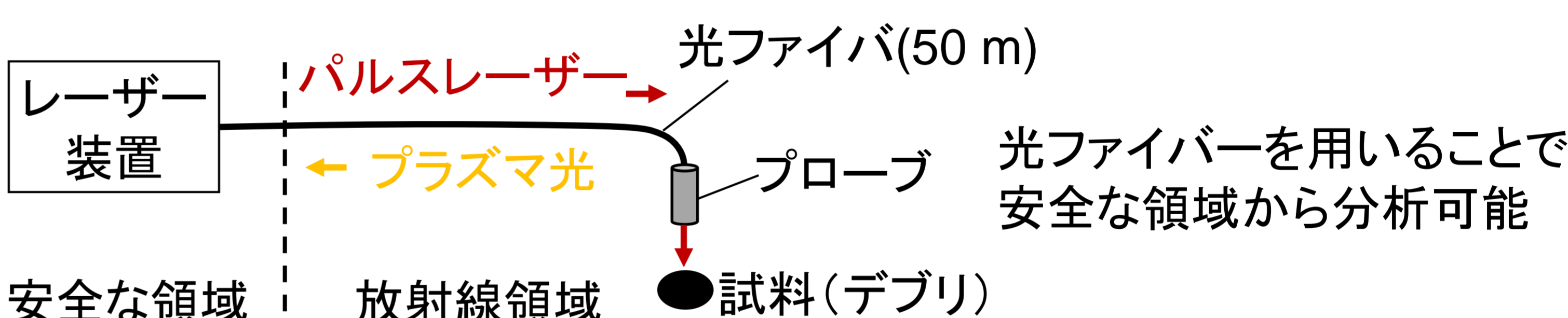
● 福島第一原子力発電所の廃炉



作成: 国際廃炉研究開発機構 (IRID)

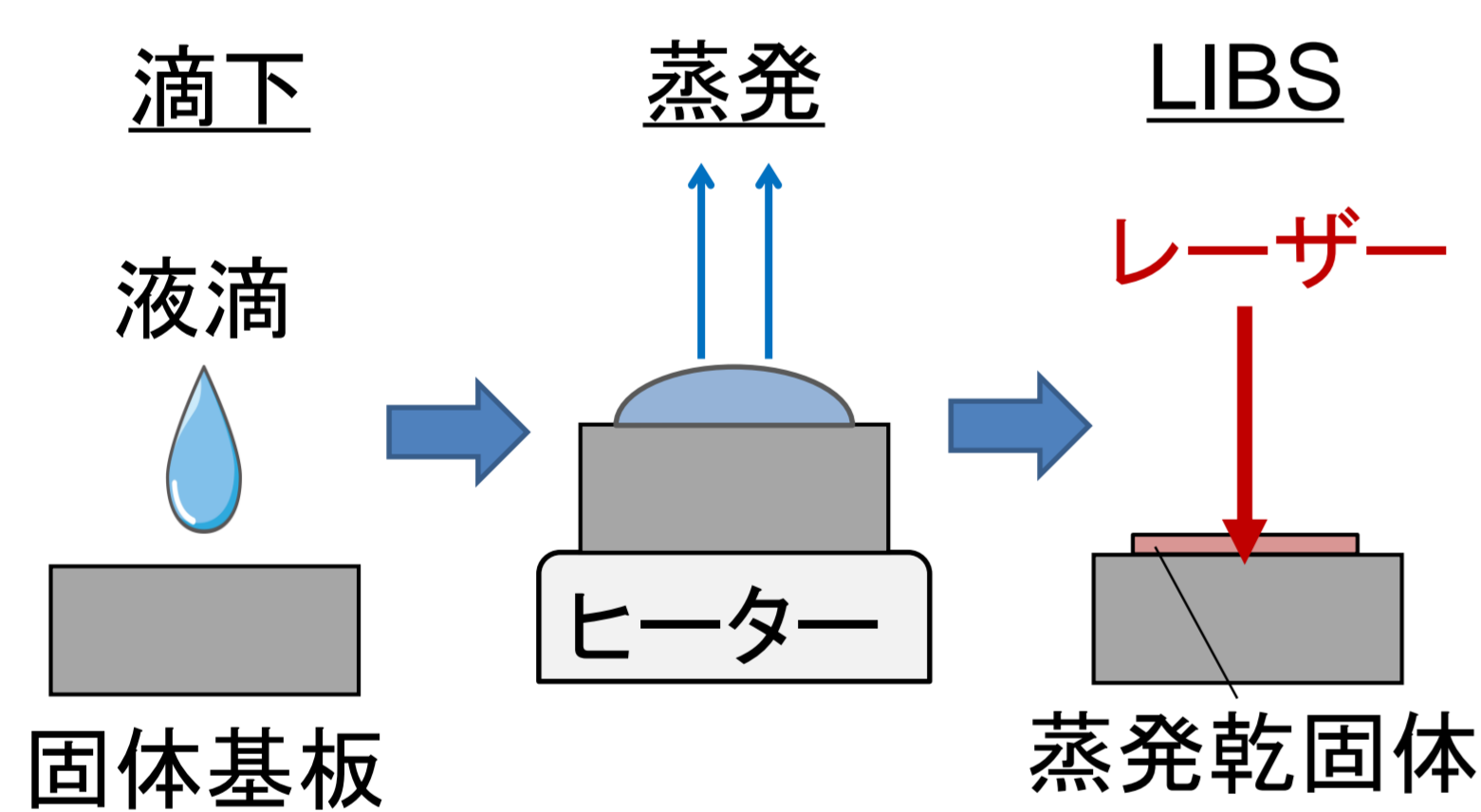
核燃料デブリを処分するために廃炉現場で組成を調べる必要がある

➡ ファイバー伝送LIBS装置の開発⁴⁾



4) A. Matsumoto, S. Yae (8th), et al.; *Spectrochim. Acta*, B 155, 56 (2019).

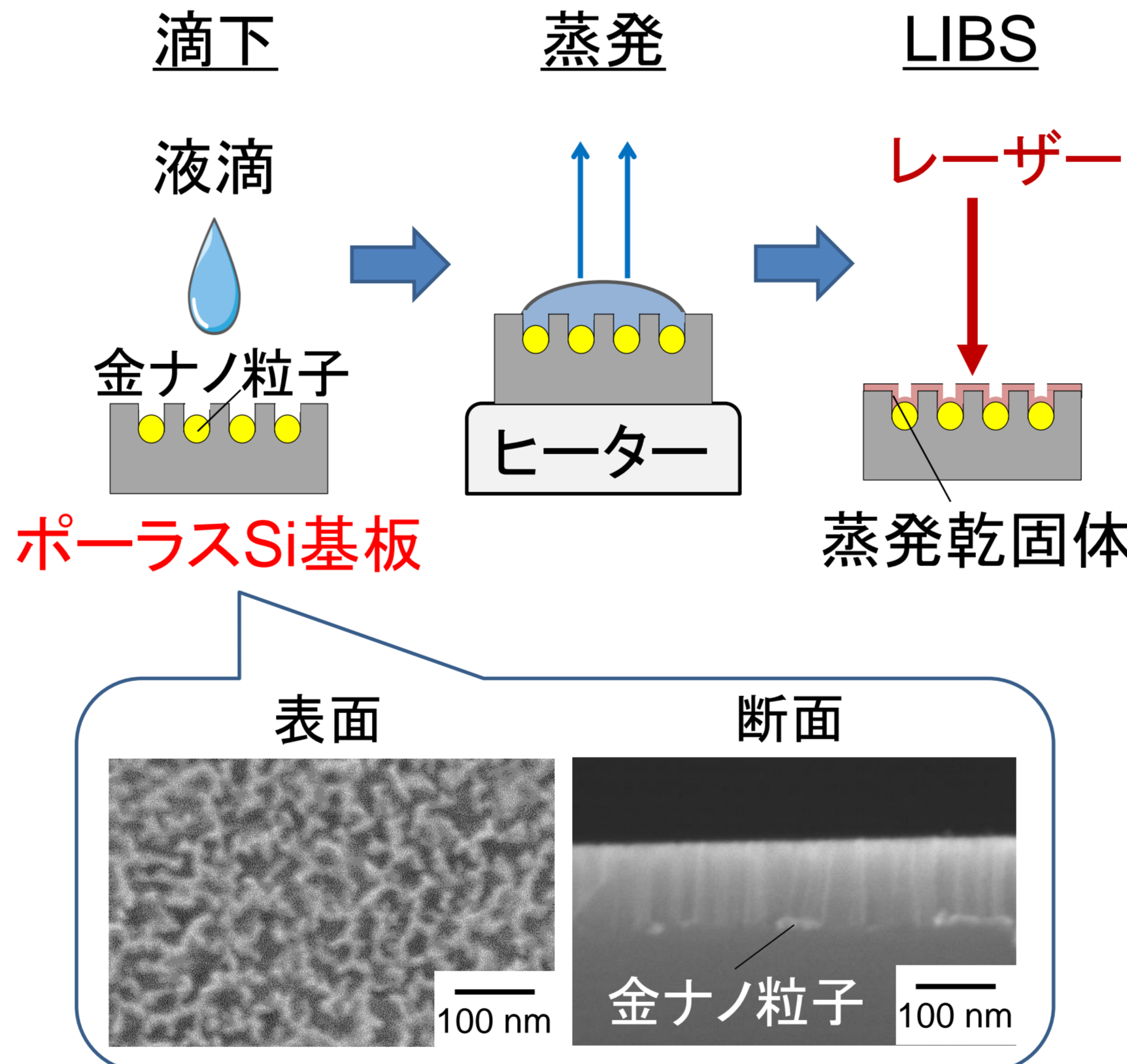
● LIBSを用いた液体分析: 蒸発乾固法⁵⁾



少量の試料溶液から分析可能であるが検出感度に課題がある

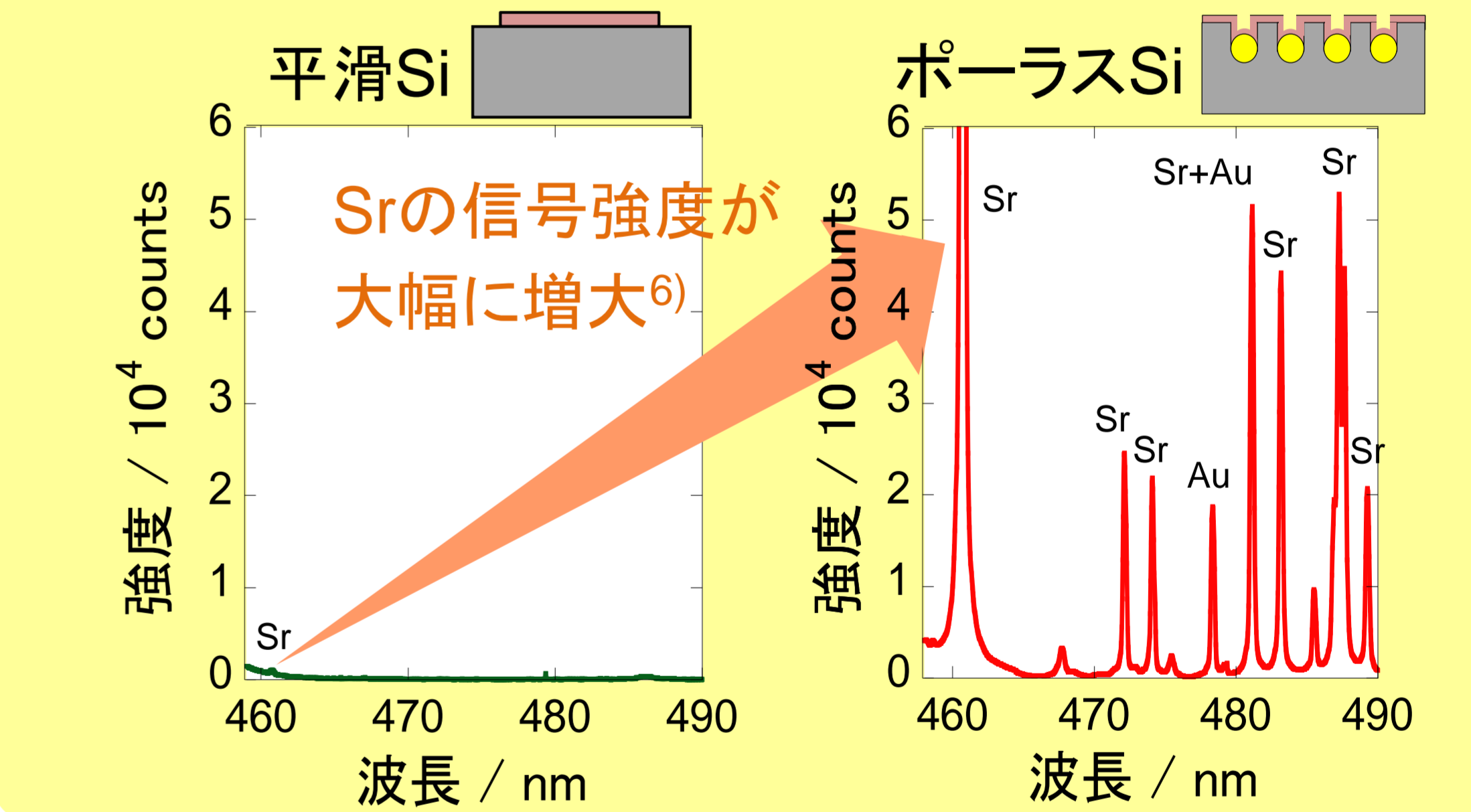
➡ 目的: 液体の高感度微量分析技術の開発

● 蒸発乾固法に金ナノ粒子を担持したポーラスシリコン(Si)を基板として適用



6) A. Matsumoto, Y. Shimazu, S. Yoshizumi, H. Nakano, S. Yae; *J. Anal. At. Spectrom.*, accepted (DOI: 10.1039/D0JA00144A).

1 mM 塩化ストロンチウム(SrCl_2)水溶液を5 μL 滴下した場合

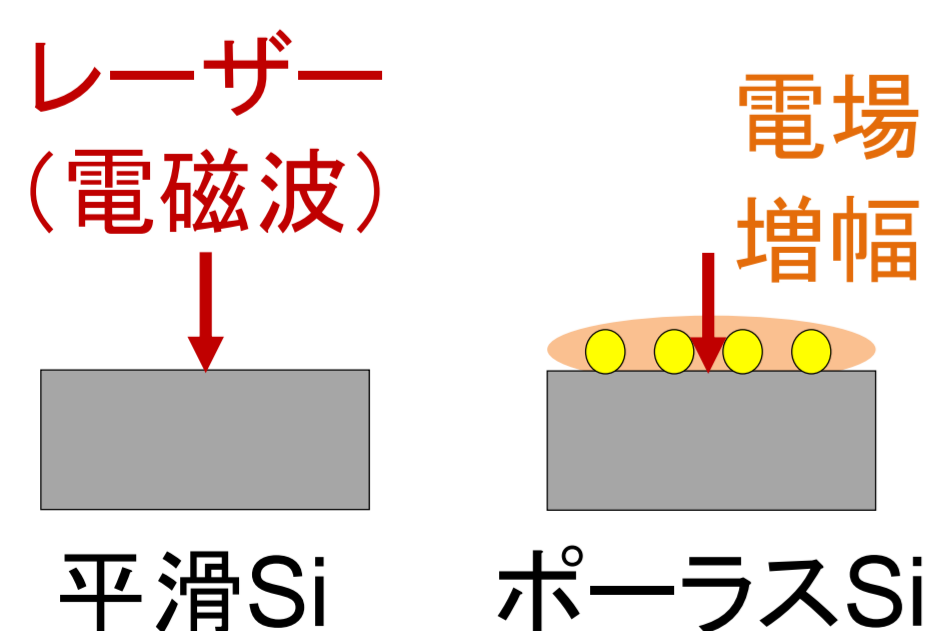


➡ 結果: 微量な液体を高感度に分析することに成功

5) M. A. Aguirre, et al.; *Spectrochim. Acta. Part B*, 79, 88 (2013).

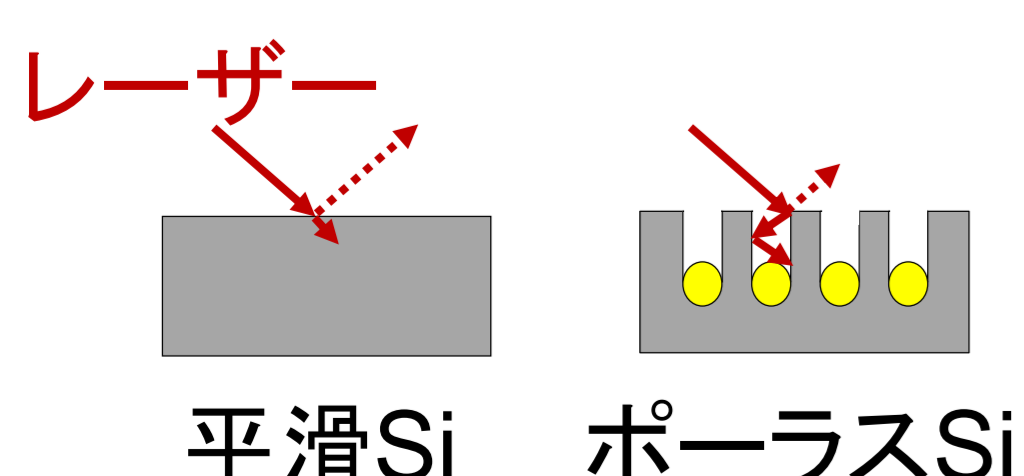
● ポーラスSiを適用することで信号強度が増大した理由

● 金ナノ粒子による局在表面プラズモン共鳴



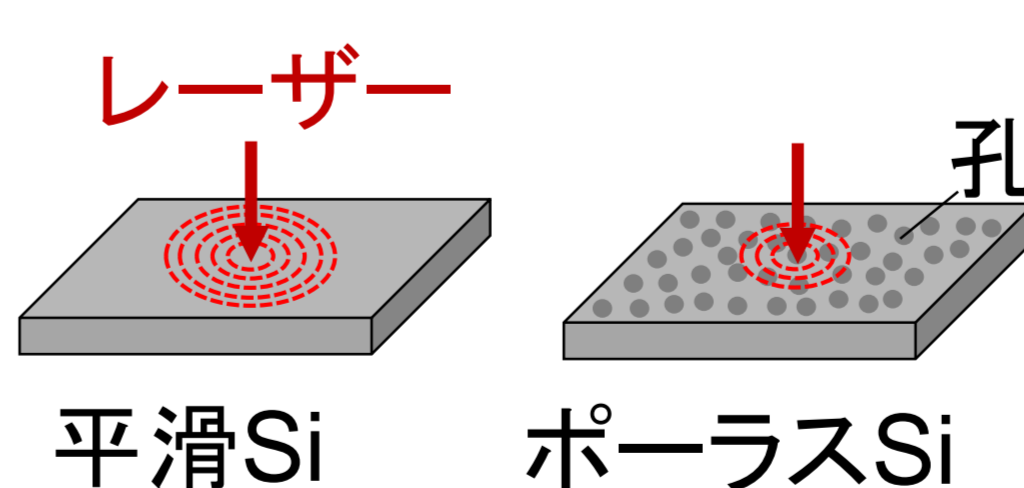
- 局在表面プラズモン共鳴... ナノ粒子表面の自由電子が入射光の電場と共鳴して集団振動を起こす現象
 → 入射光の電場が粒子表面で増幅される
 → 試料表面でアブレーション効率が向上

● 光吸収効率の向上



ポーラスSiは平滑Siと比べて光反射率が低い
 → レーザーのエネルギーを効率良く吸収できる

● 熱拡散の抑制



ポーラスSiは平滑Siと比べて熱伝導率が低い
 → レーザーのエネルギーをプラズマの生成に効率良く利用することができる

➡ 考察: 金ナノ粒子とポーラスSiの相乗効果によりプラズマが効率良く生成され信号強度が著しく増大したと考えられる

まとめ

蒸発乾固法に金ナノ粒子を担持したポーラスSi基板を適用することで、信号強度の大幅な増大により、微量な液体を高感度に分析することに成功 (特願2019-099115)

LIBSによる液体分析は、めっき液の管理や半導体洗浄液のモニタリング、廃液の簡易検査、水圏環境の汚染調査など、幅広い分野での活躍が期待される

謝辞

本研究は、JSPS 科研費(JP19K05082, JP20K15314)、ひょうご科学技術協会、兵庫県立大学科学技術後援財団の助成を受けて行いました。