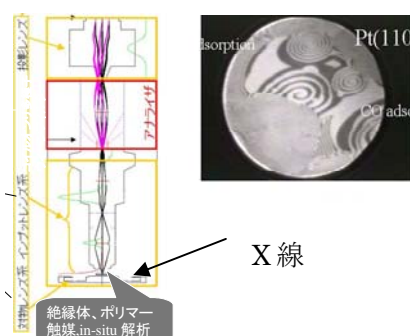


ディビジョン番号	12
ディビジョン名	触媒化学

大項目	1. 触媒キャラクタリゼーション
中項目	1-1. 種々の触媒解析法
小項目	1-1-7. PEEM

概要（200字以内）

触媒の反応中は、空間時間的に不均一であり表面の各部の化学状態を分析しながら反応を追跡できることが望まれる。PEEM法は、光により飛び出した光電子により、表面の元素や化学状態、物理量の変化をマッピングする手法である。高輝度X線源(XFEL, ERL)を利用し、表面の化学分析を実時間でできる分析装置EXPEEMとして、今後の展開が期待される。



EXPEEM (Energy filtered X-ray photoemission electron microscopy) の概念図と Pt(110) 表面における CO 酸化反応中の PEEM イメージ

現状と最前線

触媒の反応中は、空間時間的に不均一であり表面の各部の化学状態を分析しながら反応を追跡できることが望まれる。PEEM法（光電子放出顕微鏡法）は、紫外線によりたたき出された電子を用いて、表面の2次元マッピングを行う手法である。時間分解能、空間分解能、併せ持つ顕微鏡であり、光を用いることで、電子比べて試料損傷が小さい特徴をもつ。一方、X線を用いることで、XPSのように、表面の化学分析を行うことができる。特に、光電子を分析する手法としては、半球型のエネルギーアナライザ以外にも直線型のWien filterなど顕微鏡によりふさわしいアナライザも開発されている。空間分解能は、通常数十nm程度から百nmといわれている。これは、対物レンズの球面収差により決定される値である。この球面収差を改善する工夫が行われている。たとえば、ミラーコレクターを用いたSMART計画では、数nm程度の空間分解能を達成したという報告がある。また、越川らは、移動焦点法により、同様に対物レンズの球面収差除去の試みを行っており、ソフト的に球面収差を減らしている。

時間分解能に関しては、PEEMの場合、一般にビデオレートの測定が行われる。内殻を励起してとびだす光電子の場合には、積算が必要であり、これは、光子数に依存する。一方、pump-probe法を用いることで、高速の測定も行われている。Torrオーダのガス共存下の測定も可能になりつつあり、in-situ PEEM、EXPEEMによる反応追跡を行うことができる。

将来予測と方向性

・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

1. 対物レンズの収差補正技術の改善により nm オーダの PEEM 像の取得
2. 超輝度光源（自由電子レーザー（XFEL）およびエネルギー回収ライナック（ERL））の利用による短時間測定の可能性の検討
3. ダイナミックポンピングによる触媒などの実用材料表面の反応中の応用展開
4. Torr オーダガス共存下での測定の実用化

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

1. 高い時間分解（ns, ps）の一般化
2. 新しいブレークスルーによる高い空間分解能（nm 以下）の一般化
3. PEEM、EXPEEM をモニターしながら触媒反応制御技術の確立
4. 時分割、空間分解、化学状態分析測定による表面反応メカニズムの解明研究
5. ダメージの小さい新光源の開発

キーワード

PEEM, EXPEEM, XFEL, ERL, in-situ

（執筆者：朝倉清高）