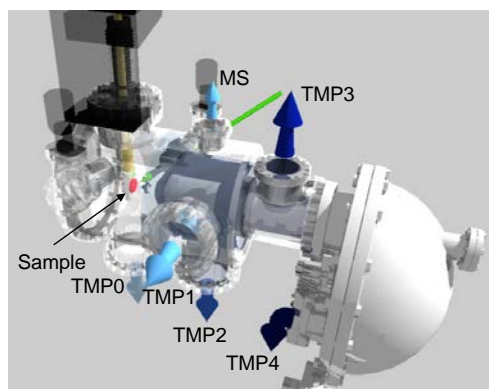


演習課題 M05 : 触媒が活性になる様子をその場観測しよう

触媒は私たちの生活を様々な角度から支えている。天然資源を有用な物質やエネルギーに効率良く変換したり、産業活動や市民生活で排出される有害物質を浄化して環境を守っている。自動車触媒として排気ガスを浄化するのに使われている三元触媒（炭化水素、CO、NO_xの三種のガスを同時に浄化する触媒）は、CO ガスについては実に 100%近い浄化効率を示すが、NO_xについては空気/燃料混合比が空気（酸素）リッチ側になると急激に浄化効率が落ちることが問題になっている。特に CO₂ 排出量を抑え燃費を向上させることに優れた希薄燃焼エンジンやディーゼルエンジンではこの問題は顕著になる。NO_x 除去に最も優れている触媒の構成元素のひとつとして Rh が使われているが、Rh において NO_x がどのように除去されているか、酸素リッチなときにどのように Rh の触媒能が落ちるのか、といった基本的問題が原子レベルでは分かっていない。

このような触媒反応機構の未解決の問題にアプローチするうえで、触媒が作動しているその場を観測する「オペランド観測」が有効である。近年、放射光を使った X 線オペランド分光法が急速に発達しており、上記のような基本的問題の解決につながる事が期待されている。そこで本演習課題では、X 線オペランド分光法の一つである準大気圧 X 線光電子分光法（NAP-XPS）に質量分析法（MS）を組み合わせた下図のような装置を用い、オペランド観測の実験を体験してもらう。質量分析法によって触媒試料近傍のガス成分をリアルタイムモニターし、触媒の作動状況を追跡しながら NAP-XPS によって触媒表面の化学状態や電子状態を調べる。

具体的な触媒反応としては、Rh 単結晶を触媒とし、¹³CO と NO をモデル排気ガスとして導入して、N₂ と CO₂ に無害化される触媒反応を扱う。CO に ¹³C 同位体を用いるのは、CO と N₂ の質量が重なるのを避けるためである。夏の実験では、Rh 単結晶を超高真空下で清浄化し、これを反応容器に移送して上記ガスが最も効率良く浄化される条件を質量分析法によって探す。さらに酸素リッチ条件に対応する酸素導入下で触媒能がどのように低下するかも調べる。秋の放射光を使った実験では、最も活性が高いときの Rh 触媒表面の化学状態を明らかにする。そして、酸素導入下で触媒能が低下したときに Rh 触媒表面がどのように変化していくかを調べ、酸素リッチ条件での NO 浄化能の著しい低下の原因を明らかにする。このような夏・秋の一連の実験を通して、触媒機能の理解において、オペランド観測が非常に有効であることを学んでもらう。



準大気圧 X 線光電子分光法(NAP-XPS)と質量分析法(MS)を組み合わせた触媒オペランド観測装置の模式図。