

인하대학교 나노 대기 입자 SERS 기초연구실 (BRL) 소개



인하대학교 나노 대기 입자 SERS 기초 연구실(연구책임자 인하대학교 화학과 노철연 교수)은 암시야(dark-field scattering)와 SERS(surface-enhanced Raman spectroscopy)를 접목한 새로운 단일입자 분석법을 개발하여, 대기 나노 입자의 물리화학적 특성을 규명하고자 합니다. 단일입자 분석법은 개개 대기 에어로졸 입자의 물리화학적 특성에 대한 정보를 명확히 규명할 수 있는 분석법입니다. 다양한 단일입자 분석 기술이 존재하지만 그 중에서도 Raman 분광법은 개개 입자의 분자종, 화학작용기, 혼합 상태와 같은 물리화학적 특성을 ambient 상태에서 규명할 수 있습니다. 다만, 현재까지는 낮은 Raman cross-section, 광학회절한계 및 공간검출한계($\sim 1 \mu\text{m}$) 등으로 인해 supermicron 입자 연구에 주로 활용되어 왔습니다. 이에, 본 연구실은 암시야와 SERS 기법을 접목하여 submicron의 나노 입자를 분석할 수 있는 분석법을 개발하고 활용하고자 합니다. 암시야는 기존 광학현미경을 기반으로 한 Raman 분광기의 광학회절한계(Abbe diffraction limits, $\sim 200 \text{ nm}$) 크기 이하의 입자를 명확하게 식별할 수 있게 합니다 [그림1, 좌]. SERS는 Ag, Au 등 금속 나노구조체에 가시광선 빛이 조사될 때 hpt-spot에서 전기장이 형성되어 Raman 산란 신호가 증가(기존 Raman에 비교하여 10⁵-10⁹의 증대)하는 현상을 이용합니다 [그림1, 우]. 이 두 기술을 적절히 조합하여 활용하면 >1 fg (10⁻¹⁵g) 수준의 질량을 가진 나노 입자에서 분자종, 화학작용기, 혼합 상태와 같은 정보를 얻어내는 것이 가능합니다.

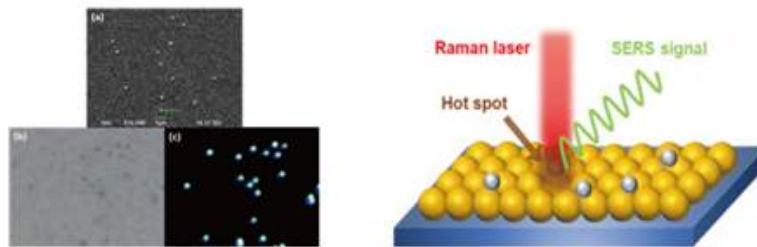


그림 1. (좌) 200 nm PS 입자에 대한 (a) SEI, (b) 명시야, (c) 암시야 이미지, (우) SERS의 메커니즘 모식도

본 기초연구실은 인하대학교 화학과의 노철연 교수, 신동하 교수와 환경공학과 전기준 교수, 이한돌 교수가 참여하고 있고, 암시야/SERS 분광법 기반의 나노 입자 분석법과 개개 수준의 대기 나노 입자 시료 채취 기술을 개발하여 다양한 환경(계절, 에피소드, 고도, 지역 등)에서의 대기 나노 입자의 특성 규명을 하고자 합니다 [그림 2].

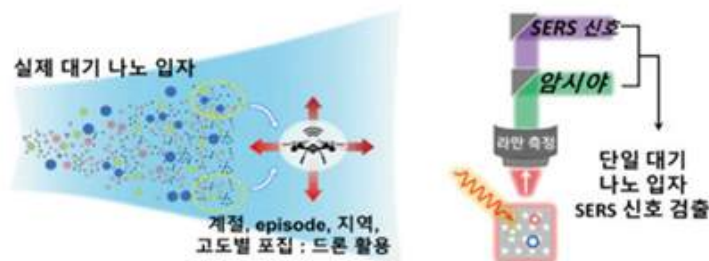


그림 2. 암시야/SERS 분광법을 활용한 나노 대기 입자 특성 규명 연구.

(좌) 드론 등을 활용한 다양한 환경에서의 대기 나노 입자 시료 채취, (우) 암시야/SERS 분광법을 활용한 대기 나노 입자 분석

기초연구실의 연구진들은 상호간의 유기적으로 협력하며 연구를 진행 중이며, 구성원들 간의 연구 개발 역할 분담 및 협력 체계를 [그림 3]에 보였습니다.

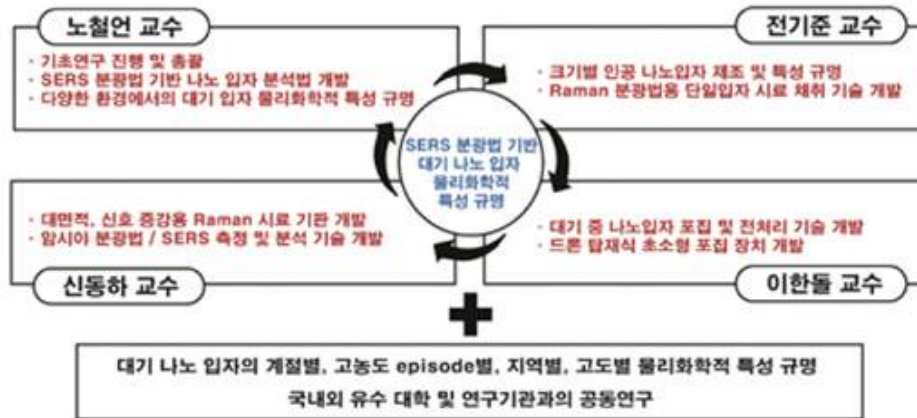


그림 3. 나노 대기 입자 SERS 기초연구실의 연구 추진 체계

다양한 환경에서의 대기 나노 입자의 특성을 단일입자 수준에서 규명하는 것은 나노 입자의 발생원 추적, 대기 중 거동 파악, 기후변화와 인체 위해성에 미치는 영향에 대해 보다 깊은 이해를 제공할 수 있습니다. 나노 크기의 물질을 분석할 수 있는 암시아/SERS 분광법은 기존 진동분광학적 분석 방법의 한계로 여겨졌던 마이크로미터의 공간검출한계를 나노 단위로 확장하는 화학 분석 분야 뿐 아니라 나노 재료, 고분자, 미생물, 의약화학 등 다양한 연구 분야에서도 응용할 수 있을 것입니다.