



# 첨단융합기술연구실

(Advanced Converging Technology Research Laboratory)

연세대학교 이태규

서울시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제1공학관 A146/A244 (Tel : 02-2123-7780)

# 주요 연구분야(화장품/환경)

## ❖ 화장품

“화장품”이란 인체를 청결·미화하여 매력을 더하고 용모를 밝게 변화시키거나 피부·모발의 건강을 유지 또는 증진하기 위하여 인체에 바르고 문지르거나 뿌리는 등 이와 유사한 방법으로 사용되는 물품으로서 **인체에 대한 작용이 경미한 것**을 말함. 다만, 약사법 제2조제4호의 의약품에 해당하는 물품은 제외 (**국내 화장품법 제2조**)



<손발톱용 제품류>



<목욕용 제품류>



<기초화장용 제품류>



<색조화장용 제품류>

### [화장품과 관련된 다양한 연구 진행]

- 비타민 C의 산화속도를 조절하기 위한, 다양한 polyol을 사용한 **제형 제조**
- 국내 한약용 천연재료에서 항산화 특성을 비교하여, 화장품 원료로서의 가능성 평가
- 안구건조증 완화에 도움이 되는 emulsion을 제조
- 여드름 피부 개선을 위한 LED 패치 디바이스 개발
- 천연계면활성제를 이용한 **탈모 방지용** 화장품 개발

**연세대학교**  
YONSEI UNIVERSITY

화공생명공학과 이태규교수의 초·중·대학원생(CSA&BS&D-411)  
**COSMETICS 초청강연**

매주 화요일 (정규수업), 목요일 (초빙강연)  
시간: 10:00~11:50  
장소: 계동공학관 90338  
전화: 02-2123-7780

**4시 포럼**

- 학부강연, 대학원생 및 Post Doctor
- 연구분야: 화장품 및 화장품 분야

**11월 7일**  
비타민C의 산화속도를 조절하기 위한 다양한 polyol을 사용한 제형 제조

**11월 14일**  
국내 한약용 천연재료에서 항산화 특성을 비교하여, 화장품 원료로서의 가능성 평가

**11월 21일**  
안구건조증 완화에 도움이 되는 emulsion을 제조

**11월 28일**  
여드름 피부 개선을 위한 LED 패치 디바이스 개발

**12월 5일**  
천연계면활성제를 이용한 탈모 방지용 화장품 개발

**11월 28일**  
비타민C의 산화속도를 조절하기 위한 다양한 polyol을 사용한 제형 제조

**11월 14일**  
국내 한약용 천연재료에서 항산화 특성을 비교하여, 화장품 원료로서의 가능성 평가

**11월 21일**  
안구건조증 완화에 도움이 되는 emulsion을 제조

**11월 28일**  
여드름 피부 개선을 위한 LED 패치 디바이스 개발

**12월 5일**  
천연계면활성제를 이용한 탈모 방지용 화장품 개발

**11월 28일**  
비타민C의 산화속도를 조절하기 위한 다양한 polyol을 사용한 제형 제조

**11월 14일**  
국내 한약용 천연재료에서 항산화 특성을 비교하여, 화장품 원료로서의 가능성 평가

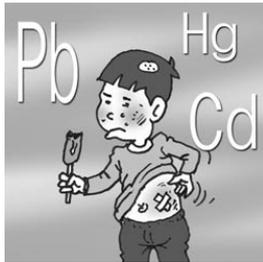
**11월 21일**  
안구건조증 완화에 도움이 되는 emulsion을 제조

**11월 28일**  
여드름 피부 개선을 위한 LED 패치 디바이스 개발

**12월 5일**  
천연계면활성제를 이용한 탈모 방지용 화장품 개발

## 주요 연구분야(화장품/환경)

### ❖ 환경



- 중금속은 인체 내에 들어오면 분해되지 않고, 체내에 그대로 축적되어 인체에 치명적인 해를 줄 수 있으며, 생물체 내에 축적되므로 먹이사슬을 따라 그 농도가 점점 커지기도 함
- 그 중에서도 **수은**은 사람 신경계에 악영향을 끼치며 가장 유해한 중금속 물질임
- 이에, 단일 화학물질 최초로 **생산부터 저장, 사용, 배출, 폐기**까지 전 과정을 관리하는 협약인 **수은에 관한 미나마타 협약**이 2017년 8월 16일에 발효됨

#### [환경과 관련된 다양한 연구 진행]

- 수용액 속 수은 제거를 위한 **다양한 흡착제 개발** 및 광촉매를 이용한 **수은의 흡착 및 탈착을 통한 회수**
- **폐기물 처리기술 개발, 수은 저장용기 개발, 수은 분석 system 개발** 등 수은 관련 다양한 연구 진행
- 또한 **수은세상** 홈페이지를 통해 수은의 위해성, 수은처리법을 알리며, 수은 상담소도 운영하고 있음



# I. Previous Research

# 화장품 제형 내 비타민C 산화 안정화 연구

## ❖ 연구 배경

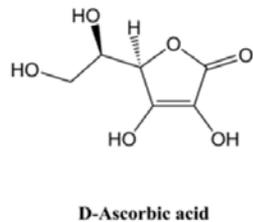
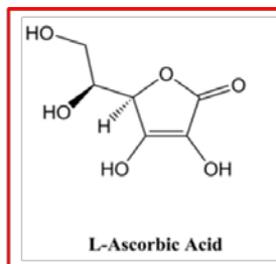
- 비타민 C는 미백, 주름개선, 자외선 차단 등 기능성화장품이 요하는 항산화 물질
- 광학이성질체 중 **L-ascorbic acid**만 체내에서 유효함
- 비타민 C는 체내에서 합성이 되지 않아 외부에서 공급되어야 함 (예: 음식, 화장품 등)
- 비타민 C는 빛, 열, 수분 등에 의해 쉽게 산화가 되는 특성이 있음

## ❖ 연구 목적

- **비타민 C의 산화속도를 조절**하고자 simple emulsion의 내상을 다양한 polyol을 사용하여 제형을 제조하였고, 비타민 C의 산화를 kinetic 관점에서 해석하여 최적의 원료를 찾고자 함

## ❖ 연구 내용 및 결과

- **Glycerine**을 내상으로 사용하였을 때, 비타민 C의 산화속도가 가장 늦음을 확인



[Step 1]

Dispersed phase



[Step 2]

Continuous phase



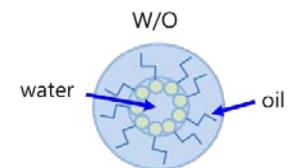
[Step 3]

Pour [Step 1] into [Step 2]



[Step 4]

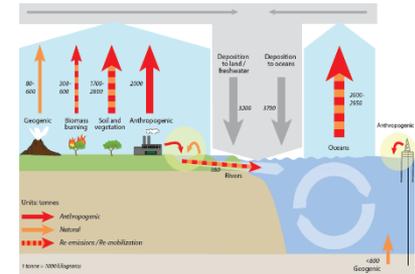
Mixing



# 수용액 속 수은 제거를 위한 흡착제 개발 연구

## ❖ 연구 배경

- 수은은 물, 토양, 대기 등 생태계 전반에 다양한 형태로 존재함
- 미나마타 병의 주원인 물질인 메틸수은은 독성이 가장 강하며, 주로 먹이사슬을 통해 농축된 어패류를 통해서 인체에 축적됨



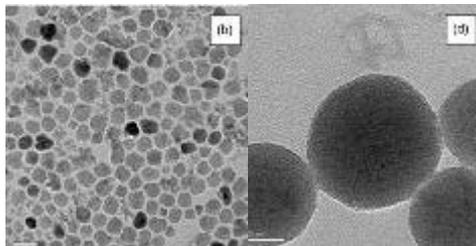
<Global mercury cycle>

## ❖ 연구 목적

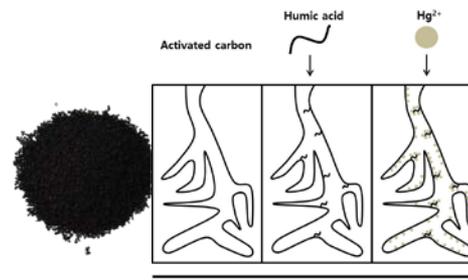
- 수계에 존재하는 수은을 제거할 수 있는 **흡착제**를 개발하고자 함

## ❖ 연구 내용 및 결과

- 자성을 가진 하이브리드 나노 흡착제를 개발하였으며, 기존 연구 결과 (14 mg/g)보다 향상된 수은 흡착량 (17.11 mg/g)을 가짐
- 농업에서 널리 사용되고 있는 **부식산**을 **활성탄**에 **첨착시켜 수은 흡착제**를 개발함
- 유화중합을 통해 **다공성 고분자**를 제조 후 thiol group으로 기능화시켜 수은 흡착제를 개발함



<자성을 가진 하이브리드 나노 흡착제>



<부식산 첨착 활성탄>



<Thiol-functionalized 다공성 고분자>

# “Hg Analysis system” 개발

## ❖ 연구 배경

- 국내에서 사용 중인 대부분의 수은 분석기기들은 수입에 의존하고 있어, 국내자본유출이 심각한 상황

## ❖ 연구 목적

- 국내 자체 기술의 수은 Analysis system을 개발하고자 함

## ❖ 연구 내용 및 결과

- 본 연구실은 KOLAS (Korea Laboratory Accreditation Scheme, 한국인정기구) 인정을 받은 국제공인시험기관 (제 364호)으로서 고·액·기상 시료 내 중금속 및 미량원소 분석을 다년간 수행해 옴
- 특히 석탄화력발전소 등 대기배출시설에서 발생하는 연소가스 측정기술 및 수은종별분석 기술 보유함
- 우수한 분석기술을 토대로, **Hg CEM (Continuous Emission Monitor)**과 **Sorbent trap system**을 개발함
  - **Hg CEM** : 실시간 가스상 수은농도 측정 시스템, 대기배출시설의 연돌 등에 설치하여 연소가스 중 수은화합물을 실시간으로 자동분석할 수 있는 방법
  - **Sorbent trap system** : 건식 수은측정방법, 습식 수은측정방법 (ASTM D-6784, US EPA 29 등)에 비해 간편하고 분석시간이 적게 소요되는 기술



# 폐기물 처리기술 개발

## ❖ 연구 배경

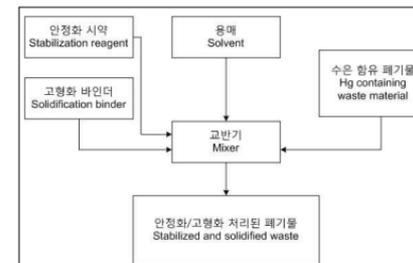
- 수은 함유 폐기물은 수은의 높은 독성과 휘발성 그리고 유동성 때문에 상당히 위험한 폐기물로 간주됨
- 또한, 각종 폐기물 소각장 등에서 배출되는 fly ash, bottom ash 등은 고농도 수은 함유폐기물로서, 적절한 처리 절차 없이 매립될 경우 토양으로 용출되어 심각한 토양 오염을 유발할 수 있음

## ❖ 연구 목적

- 수은 함유 폐기물을 안전하게 처리하기 위한 폐기물 처리기술을 개발하고자 함

## ❖ 연구 내용 및 결과

- 본 연구실에서 **안정화/고형화(Stabilization/Solidification)기술 개발 (UNEP 선정 세계 3대 기술로 선정)**
- **안정화/고형화** : 폐기물의 표면적을 줄이고 투과성을 감소시킴으로써 유해물질을 고정화하기 위한 비파괴적인 폐기물 처리 방법
  - 고형화(solidification) : 안정된 물질을 통해 물리적으로 고정시키거나 유해물질을 동봉
  - 안정화(stabilization) : 유해물질의 유동성을 감소시키기 위해 안정화 시약과 화학적으로 반응시킴





## II. Ongoing Research

# 안구건조증 완화에 도움이 되는 에멀전 개발

## ❖ 연구 배경

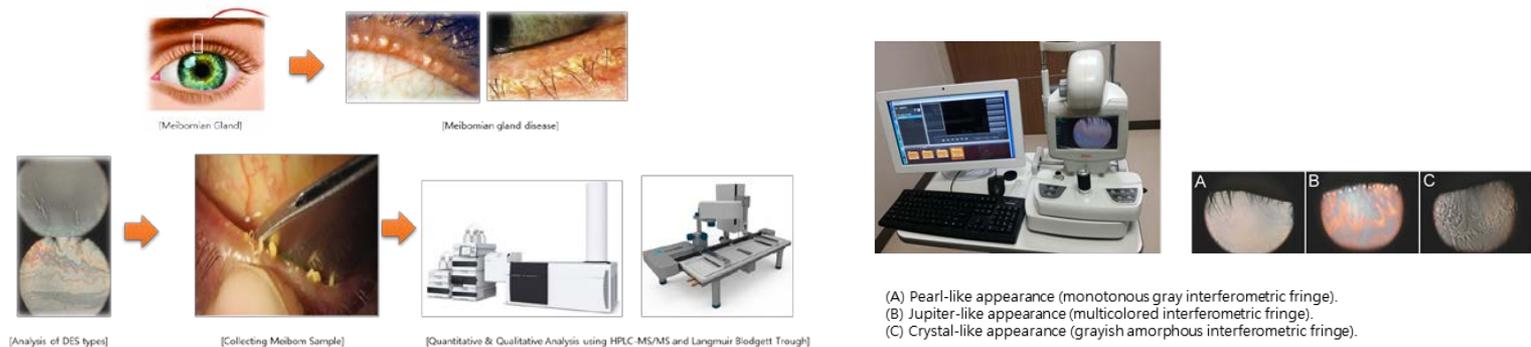
- 입마름병을 가진 갱년기 여성환자에게 많이 나타나던 안구건조증이 최근에는 남녀노소를 불문하고 발병되고 있음
- 최근 수성층의 부족보다는 지질층의 부족이 눈물층의 안정성에 더 영향을 끼친다고 보고됨

## ❖ 연구 목적

- 정상인과 안구건조증 환자의 meibom 내 지질 종류 파악 및 각 시료별 표면장력 특성을 분석하고자 함

## ❖ 연구 내용

- Pearl (정상안), Jupiter (수분부족형), Crystal (지질부족형)군의 meibom 97개를 채취함
- 공통적으로 총 273종의 지질이 존재를 확인하였고, 이는 18개 class에 속함
- 개별 지질들의 surface pressure을 확인함 (크기 정도: Jupiter>Crystal>Pearl)



# 반응표면분석법을 활용한 최적 공정 개발

## ❖ 연구 배경

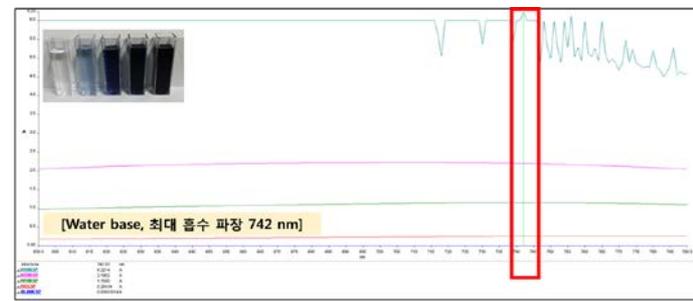
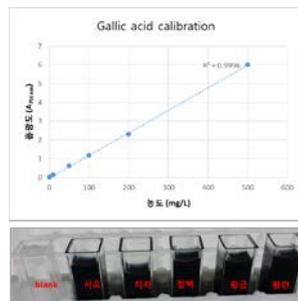
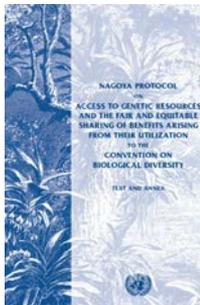
- 생물다양성협약(Convention on Biological Diversity, CBD)의 목적 중 세번째 항목은 나고야의정서와 관련된 항목으로 "생물유전자원의 주권"이 핵심
- 현재 화장품 업계에서는 원료의 약 70%를 수입에 의존하는 상황으로, 이를 대체할 수 있는 국내 자생식물을 발굴하고 화장품 원료로 사용할 수 있는 기술 개발이 절실한 실정임
- 주름개선과 같은 기능성 화장품 원료로서 개발되기 위해서는 항산화 효과가 있는 천연원료 발굴이 중요

## ❖ 연구 목적

- 국내 한약용 천연재료에서 항산화 특성을 비교하여 화장품 원료로서의 가능성을 평가하고자 함

## ❖ 연구 내용

- 페놀을 많이 가진 식물일수록 항산화 효과가 높음
- 동일조건에서 황백이 페놀 함량이 가장 높았음 (황백 > 치자 > 황금 > 황련 > 시호)



# 광촉매를 이용한 수은의 흡착 및 탈착

## ❖ 연구 배경

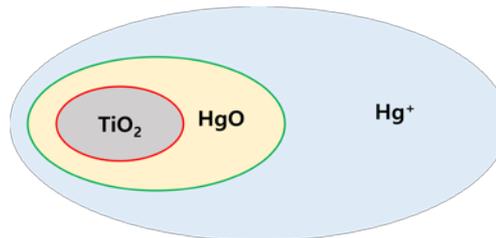
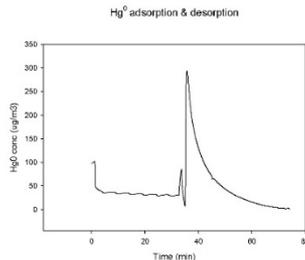
- 주요 배출원인 석탄화력발전소(무연탄,유연탄), 산업용 보일러, 중유소각로, 제철소(소결로, 전기로)등의 연소설비에서 수은 제거 시스템 구축은 반드시 보유해야 할 주요 기술 중 하나로 주목 받고 있음

## ❖ 연구 목적

- 유해 중금속인 수은을 흡착하고, 흡착된 수은을 탈착 및 회수하여 안전하게 저장하고자 함

## ❖ 연구 내용

- 본 연구를 통해 실제 대기 배출시설에서 발생하는 원소수은을 90% 이상 제거함
- 현재, 본 기술의 상용화 연구를 수행 중이며, 반응 메커니즘 규명을 위한 연구도 진행 중임



- 수은이 흡착된 광촉매를 폐기할 경우, 흡착된 중금속으로 인해 2차 오염이 발생할 수 있으므로, 이러한 문제점을 해결하기 위해 수은이 흡착된 광촉매 표면에 알코올류를 주입시켜 수은의 탈착을 유도하여 광촉매를 재활용하기 위한 연구가 진행 중임

# 가시광선 하에서 활성을 띄는 TiO<sub>2</sub> 합성 및 원소수는 흡착

## ❖ 연구 배경

- 광촉매는 빛을 쬐여주었을 때 반응하여, 반응 속도에 영향을 주는 촉매
- TiO<sub>2</sub>는 뛰어난 안정성, 무독성 및 경제성 등의 장점을 가져, 광촉매로 매우 활발하게 사용되고 있음
- 그러나 3.2 eV의 비교적 큰 밴드 갭을 가지고 있어, **자외선에서만 활성화되는 단점**을 가짐

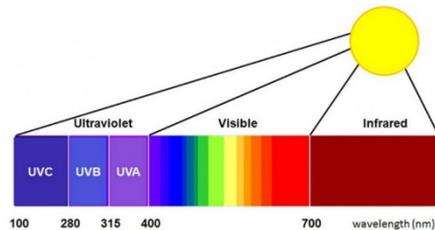


## ❖ 연구 목적

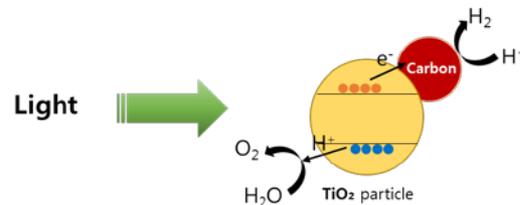
- TiO<sub>2</sub>에 Carbon을 doping 시켜, 가시광선 하에서 활성을 띄게하여 90% 이상의 수은 제거를 목표로 함

## ❖ 연구 내용

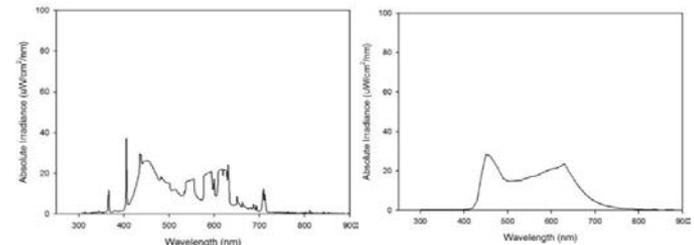
- Carbon이 doping된 TiO<sub>2</sub>를 제조하기 위해서, sol-gel process를 이용하여 합성 중
- 광원은 값이 저렴하고 가장 보편화된 **가정용형광등**, 친환경적이며 소비전력이 매우 낮아 전기에너지 절감 효과가 뛰어난 **LED형광등**을 사용함



<빛의 파장 스펙트럼>



<TiO<sub>2</sub>과 carbon의 mechanism>



<광원의 광량 및 파장>  
(a) 가정용형광등 (b) LED형광등

## 5대 유해중금속(수은, 납, 6가 크롬, 카드뮴, 비소) 제거용 고분자 개발

### ❖ 연구 배경

- 5대 유해중금속(수은, 납, 6가 크롬, 카드뮴, 비소)은 수질, 토양, 생물들을 오염시키며 최종적으로는 인체에 축적됨
- 바젤협약, 수은에 관한 미나마타협약 등이 발효되어 유해중금속의 철저하고 친환경적인 관리가 시급함

### ❖ 연구 목적

- **5대 유해중금속 제거용 고분자를 개발**하여 산업시설에서 배출되는 폐수에 포함되어 있는 유해중금속이 생태계로 방출되지 않도록 관리하고자 함

### ❖ 연구 내용

- 5대 유해중금속(수은, 납, 6가 크롬, 카드뮴, 비소)을 각각 제거할 수 있는 고분자를 합성하여, 고분자의 흡착능력 및 특성을 파악하는 실험 진행 중



<제조된 유해 중금속 제거용 고분자들>

<수은 흡착 실험 및 원심분리 전과 후>



## **III. Future Research**

# 안구건조증 완화에 도움이 되는 에멀전 개발

## ❖ 연구 배경

- 정상안과 안구건조증 환자에서 차이를 보이는 주요 지질군을 찾았음
- 정상안과 비슷한 surface pressure를 갖는데 도움이 되는 emulsion이 개발된다면, 안구건조증을 완화하는데 크게 도움이 될 것이라고 기대함

## ❖ 연구 목적

- 안구건조증을 가진 환자들의 눈물층의 표면장력을 정상안과 비슷하게 조절하여 **눈물층의 안정성을 높여주는 emulsion을 제조**하고자 함

## ❖ 연구 결과 및 설명

- 각 지질 class의 surface pressure를 확인을 위한 실험 진행 예정
- 지질 class들의 조합에 따른 surface pressure 경향성을 확인하고, 환자별 맞춤형 emulsion을 제조 계획 중



# 유기복합체의 광역학적 특성 분석

## ❖ 연구 배경

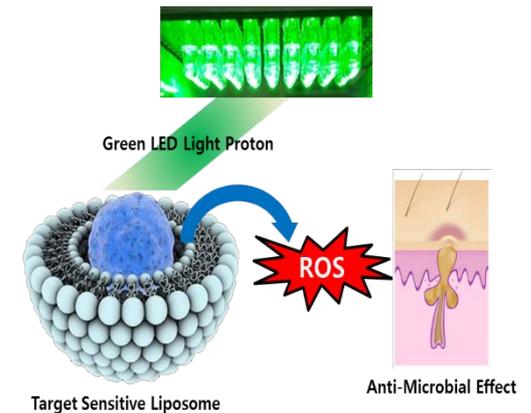
- 여드름은 과잉 분비된 피지가 모낭 내의 죽은 세포와 뒤엉켜 모낭입구를 막고, 얼굴에 증식하는 세균인 Propionibacterium acnes(P. acne)가 번식하여 고름을 일으키는 것
- **광역학치료법(photodynamic therapy)**은 빛에 의해 활성화되는 광감작제가 활성산소종(Reactive oxygen species, ROS)을 생산하고, 만들어진 활성산소종이 P. acne를 제거하여 여드름을 치료하는 방법

## ❖ 연구 목적

- 빛에 반응하는 물질을 이용하여 **여드름 피부 개선을 위한 LED 패치 디바이스 개발**

## ❖ 연구 계획

- 유진LED 회사와 협업을 통해, "무선 LED 미용 패치" 연구를 진행하고자 함
- 나노 리포솜을 이용한 Target sensitive 광감작제를 개발하고자 함



# 천연계면활성제를 이용한 탈모 방지용 화장품 개발연구

## ❖ 연구 배경

- 최근 환경오염, 업무의 스트레스, 식생활변화에 따른 호르몬 분비에 이상 등 후천적 요인의 증가와 더불어 20대, 30대에서도 탈모 증가하는 추세임
- 탈모방지제에 주로 사용되는 인공 약물은 사용 중단 시 원래대로 돌아가고, 유방암, 가려움증 등 피부염을 일으키며, 몇몇 사례에서는 알레르기성 접촉성 피부염 및 지루성 피부염을 일으킬 수 있다고 알려짐

## ❖ 연구 목적

- 천연물질을 이용한 탈모 방지용 화장품을 개발하고자 함

## ❖ 연구 계획

- 탈모를 개선해 주는 부작용이 적은 천연물 소재들의 효능에 대한 기초 자료를 검토 중
- 천연물을 추출하여 HPLC(High performance liquid chromatography), UV-Vis spectrometer 등을 이용한 자소엽, 어성초, 녹차의 항산화 및 항염증에 대한 천연계면활성제 연구를 진행하고자 함



## 5대 유해중금속(수은, 납, 6가 크롬, 카드뮴, 비소) 동시제거용 고성능 합성섬유고분자 개발

### ❖ 연구 배경

- 5대 유해중금속(수은, 납, 6가 크롬, 카드뮴, 비소)은 수질, 토양, 생물들을 오염시키며 최종적으로는 인체에 흡수되어 축적됨
- 바젤협약, 미나마타 협약 등이 발효되어 유해중금속의 철저하고 친환경적인 관리가 시급함

### ❖ 연구 목적

- 5대 유해중금속의 동시 제거용 고성능 합성섬유고분자를 개발하여 산업시설에서 배출되는 폐수에 포함되어 있는 유해중금속이 생태계로 방출되지 않도록 관리하고자 함

### ❖ 연구 계획

- 5대 유해중금속 동시 제거용 고성능 합성고분자를 이용한 **섬유형 흡착제를 개발**하고자 함
- 최적의 섬유화 방법을 선정하고, 섬유형 흡착제의 특성을 분석하고자 함

