



미국 산업위생학회 국제학술대회 참가를 위한

연구원 국외출장 결과 보고

2023.06



국외출장 결과보고서 요약

1. 출장개요

- 목 적
 - 미국산업위생학회 (American Industrial Hygiene Association, AIHA)의 2023년 춘계 학술대회 (AIHce EXP 2023)에 참가하여 연구원에서 수행한 연구 결과를 발표하고, 전문강좌에 참가하여 연구역량 강화 및 직업환경 분야의 최신 연구 동향을 파악하고자 함
- 기 간
 - 2023.5.20.(토)~5.28.(일) (6박 9일)
- 대상국가 및 방문기관
 - 대상국가 : 미국 (애리조나주 피닉스)
 - 학회장소 : Phoenix convection center
- 출장자 인적사항
 - 직업환경연구실 장미연 과장, 산업보건분석부 전현진 대리

2. 수행사항

- 직업환경연구실 연구수행 결과에 대한 포스터 발표
 - Identification of hazardous chemical and production process in secondary battery industries in Republic of Korea
- 전문강좌 (Professional Developers Courses) 수강
 - PDC 603 : Fundamentals of Toxicology for Industrial Hygienists
 - PDC 802 : Aerosol Sampling Methods Update
- 학술대회 세션 참석 및 정보 교류 등

미국 산업위생학회 국제학술대회 참가를 위한 국외 출장 결과보고

I. 출장개요

○ 목 적

- 미국산업위생학회 (American Industrial Hygiene Association, AIHA)에서 주최하는 2023년 춘계학술대회 (AIHce EXP 2023)에 참가하여 연구원에서 수행한 연구결과를 발표하고 직업환경 연구분야의 최신 연구 동향 파악 및 전문 교육을 이수하고자 함.

○ 기 간

- 2023.5.20.(토) ~ 5.28.(일) [6박 9일]

○ 대상국가 및 방문기관

- 미국 애리조나주 피닉스(피닉스 컨벤션 센터)

○ 출장자 인적사항

- 직업환경연구실 장미연 과장
- 산업보건분석부 전현진 대리

○ 주요 수행사항

- 산업위생 학술대회 세션 참석 및 포스터 발표
 - 교육세션, 주제발표세션, 포스터세션 및 전시회 등 참석
 - 직업환경연구실 연구 수행결과 포스터 발표
(발표주제) Identification of hazardous chemical and production process in secondary battery industries in Republic of Korea
- 전문강좌 (Professional Developers Courses) 수강
 - PDC 603 : Fundamentals of Toxicology for Industrial Hygienists
 - PDC 802 : Aerosol Sampling Methods Update

II. 출장내용

가. 주요 활동 내용

일 정	내 용	비 고
‘23. 5. 20(토)	○ 출국 인천 14:30 (토) 출발 → 피닉스 14:28 (토) 도착	로스엔젤레스 경유
‘23. 5. 21(일)	○PDC 603 - Fundamentals of Toxicology for Industrial Hygienists	PDC 강좌 수강
‘23. 5. 22(월)	○ Educaton Session - A7: The New NIOSH Manual of Analytical Methods Guidance Chapter on Surface Sampling - C7: Quality Assurance Is For Sampling Too-Part 1 - D7: Quality Assurance Is For Sampling Too-Part 2	교육 강좌 수강
‘23. 5. 23(화)	○ Educaton Session - F4: Evaluating the Performance of Your Aerosol Sampler - I10: Hazard Evaluation Technique Selection ○ Expo exhibition ○ Poster session	교육 강좌 수강 포스터세션 및 Expo 전시회 참관
‘23. 5. 24(수)	○ Pop-up Session - Detection Limits and Uncertainty of Gravimetric Analysis of Aerosol Collection Substrates ○ Poster session - Identification of hazardous chemical and production process in secondary battery industries in Republic of Korea	주제 발표 수강 및 <u>포스터</u> <u>발표 수행</u>
‘23. 5. 25(목)	○ PDC 802 - Aerosol Sampling Methods Update ※ 학회 등록 후 신설된 강좌로 변경하여 수강함	PDC 강좌 수강
‘23. 5. 26(금) - 5. 28(일)	○ 입국 피닉스 17:45 (금) 출발 → 인천 4:50 (일) 도착	로스엔젤레스 경유 기내 2박

나. 컨퍼런스 참여 내용

○ 2023. 5. 21.(월)

- A7: The new NIOSH manual of analytical methods guidance chapter on surface sampling

<주요내용>

- 작업환경에서 작업 표면은 다양한 상황에서 화학적, 생물학적 또는 물리적으로 오염될 수 있으며 특히 오염된 표면과 피부 접촉은 피부 흡수 및 섭취를 초래할 수 있음. 따라서 산업 위생에서 표면오염은 직업적 노출을 평가하는데 매우 중요함.
- 산업위생분야에서 표면 샘플링 지침 및 고려사항에 대해 토의하였으며 NIOSH, OSHA 등의 규제 및 지침에 대한 내용과 ISO, ACGIH 및 ASTM의 표준, OSHA, NIOSH에서 공개한 방법과 표면 샘플링 시 주의해야할 요소에 대해 다루었음.
- 매끄럽고 단단한 표면에서 샘플링 하는 방법은 여러 분석 물질에 대해 표준화 되어 있으며 다공성 표면에서 먼지를 수집하기 위한 진공 샘플링 방법도 ASTM D5438, D5755 등을 참고하면 샘플링이 가능함.
- 표면 샘플링을 통해 수집된 데이터는 일반 작업환경측정 시료와 함께 노동자의 직업병 예방을 위한 전략을 수립하는데 사용할 수 있음

- C7: Quality assurances is for sampling too-part 1

<주요내용>

- 현재 AIHA에서 인증받은 실험실은 ISO/IEC 17025의 기준(실험실이나 교정기관이 준수해야할 국제표준규격)을 충족하고 있으나 샘플을 측정하는 사람들은 이러한 기준에 대한 이해가 부족한 실정임.
- 작업장의 시료채취 시 현장의 예비조사를 통해 공정을 제대로 파악하여 유해요인을 식별하고 적절한 수의 시료채취가 필요하며, 유해인자의 종류에 따라 적정한 양의 공기를 채취하는 것이 매우 중요함.

- 토의에서는 실험실과 측정자의 소통에 대해 다루었으며 측정자가 분석방법에 대해 살펴보지 않고 측정하였을 경우 실험실에서 발생할 수 있는 상황에 대해 언급하였고 측정을 계획하는 단계에서 실험실과 소통하여 측정 매체·방법을 선택하는 것에 대한 고려가 필요함을 언급함.
- 신뢰성 높고 재현성 있는 결과를 도출해내기 위해서는 분석 뿐 아니라 시료를 측정할 때도 적절한 기준이 필요하며 이에 대한 가이드가 제작 중에 있음.

- D7: Quality assurances is for sampling too-part 2

<주요내용>

- 시료의 분석은 주로 ISO 17025의 기준에 따라 분석 결과가 도출되는 반면에 시료의 측정에 대해서는 공인된 기준이 마련되어 있지 않으며 OSHA 혹은 NIOSH에서 제공되는 가이드에 따라 진행되고 있음.
- 시료의 측정과 분석이 모두 재현성과 신뢰성을 가질 때 올바른 시료 데이터를 수집했다고 할 수 있으며 시료의 불확실성을 최소화하기 위해 시료 입자의 분포 확인, 시료의 그룹화, 채취 위치·시간 및 유량 등에 대한 적절한 기준이 필요함.
- 공기 중 에어로졸 측정 시 여과지에 채취되지 않고 카세트 내벽에 퇴적하여 남아있는 시료의 경우 측정 방법의 오류로 인해 올바른 농도를 산출할 수 없음. 이는 시료 채취 환경에 대한 고려 없이 시료 채취 시간 및 유량은 설정한 것이 원인이 될 수 있으므로 시료 채취 시 펌프의 유속이나 채취 시간은 가이드에 권고를 참조하여 실제 작업 환경에 알맞게 산정하는 것이 중요함
- 펌프와 시료 채취매체를 연결하는 튜브는 반복하여 사용할 경우 펌프의 수명과 시료 농도에 영향을 미칠 수 있으며, 작업장의 온도나 압력이 일반 대기환경과 다를 경우도 시료 농도에 영향을 미칠 수 있음. 추후 제시될 “샘플링 매뉴얼”에서 해당 내용에 대한 기준을 제시할 예정임

○ 2023. 5. 22.(화)

- F4: Evaluating the performance of your aerosol sampler

<주요내용>

- 최근 조사에 따르면 다양한 흡입형, 흉부형 및 호흡형 샘플러가 작업현장에서 금속 및 준금속 노출을 측정하는데 사용되는 것으로 나타남. 2019년 저농도의 금속 및 준금속 측정을 위한 샘플링 개발 회의가 개최되었으며 현재 사용되고 있는 샘플러 비교 연구의 필요성이 대두됨.
- 해당 세션에서는 문헌고찰을 통해 작업장에서 금속 및 준금속 측정 시 개인 샘플러 사용 가능성과 효율성에 대해 토의하였음.
- 2004년과 2020년 사이에 작업장에서 개인 샘플러에 대한 비교 연구는 총 22개의 연구가 있었으며 대부분의 연구는 흡입형 샘플러가 가장 많이 연구되었고 그 다음으로 호흡형 샘플러를 연구하였음.
- 일반적으로 많이 사용되는 개인 샘플러는 Zefon 흡입형 샘플러 및 SKC 호흡형 샘플러였으며 많은 연구에서 개인 샘플러에 대한 한계와 데이터에 대한 차이가 확인되었음. 또한 샘플러 비교 연구를 수행을 위해서는 EN-13205를 따라야하지만 참고문헌에서는 해당 표준을 따르지 않고 연구를 하여 비교 분석이 어려웠음.

- I10: Hazard evaluation technique selection

<주요내용>

- Hazard evaluation(HA)은 위험을 식별, 분석 및 제어하기 위한 체계적인 접근 방식이며 일부 위험 분석 기술은 위험 요소를 통합하여 완화되지 않은 잔여 위험을 추가로 평가할 수 있음.
- 모든 위험 분석 방법론 간의 공통된 요소는 위험 식별(Hazard Identification)과 위험평가(Hazard Evaluation)라는 두 가지로 구성되어 있으며 HA를 통해 기존 보호 장치의 적절성을 평가 할 수 있음.
- 위험 분석을 위한 다양한 응용 프로그램이 있어 활용이 가능하며 일반적

으로 사용하는 HE 기술은 Preliminary Hazards Analysis(PreHA), Safety Review, What-If Analysis, Fault Tree Analysis(FTA), Event Tree Analysis(ETA)가 있으며, HE의 가이드라인으로는 WILEY의 ‘Hazard Evaluation Procedures’가 있으며 위험성 평가의 목적, 관련 기술 및 작업 예제를 참고할 수 있음.

○ 2023. 5. 23.(수)

- Pop-up session: Detection limits and uncertainty of gravimetric analysis of aerosol collection substrates

<주요내용>

- 중량분석은 다른 기기분석과 달리 사람이 직접 분석을 진행하므로 오류가 발생할 가능성이 높은 분석 방법임. 따라서 측정 전/후 동일한 환경에서 한명이 분석을 진행하여 분석 시 발생할 수 있는 오류를 최소화하는 것이 중요함.
- 샘플 측정 및 분석 시 온·습도와 압력이 매우 중요하므로 반드시 항온항습이 되는 공간에서 분석을 진행하여야 하며 충분한 수의 공시료로 시료를 보정하여야 하며 다른 분석에 비해 공시료의 보정 농도가 샘플의 최종 농도에 많은 영향을 미침.
- 중량분석의 검출한계(LOD) 범위는 10~141 ug, 정량한계(LOQ) 범위는 33~471 ug 으로 권고함.

- Poster presentation

(발표주제) Identification of hazardous chemical and production process in secondary battery industries in Republic of Korea

<주요내용>

- 2022년도 연구결과를 바탕으로 이차전지 산업을 10개의 산업군으로 분류함. 이는 작업 공정 및 취급화학물질에 따라 분류한 것으로 산업보건학

적 측면을 고려한 분류라 할 수 있음.

- 10개의 산업별 취급화학물질은 생산품과 원료로 나누어 제시함. 주로 리튬, 니켈, 코발트, 망간, 카보네이트 용매, 디클로로메탄 및 다양한 산·염기성 물질이 사용되고 있음.
- 포스터 발표의 주요 질의로는 다양한 전지 중 이차전지의 선택 이유, 이차전지의 정의, 한국에서의 이차전지 성장성 및 주요 노출 공정 등이 있었음.

다. 전문가 양성과정 수강

○ 2023. 5. 20.(일)

- PDC 603 : Fundamentals of Toxicology for Industrial Hygienists

<주요내용>

- 독성학(toxicology)은 물리·생물·화학적 요인이 생물에 미치는 부작용에 대해 규명하고 이를 예방 및 개선하는 학문임. 위험이란 위험요인과 노출이 함께 존재할 때 발생하는 것으로 직업노출평가에 있어서 화학·물리적 요인과 노출 경로 및 노출량을 함께 고려해야 함.
- 독성동태학(toxicokinetics)이란 유해요인이 체내로 들어가고 이동하며, 신체에서 제거되는 기전에 관한 것임. 이는 즉 화학물질의 이동에 대한 내용으로 화학물질은 흡수(absorption), 분포(distribution), 신진대사(metabolism), 배출(excretion)의 기전으로 체내에 유입되어 세포 및 장기에 영향을 주며 체외로 배출되며 체내에서 화학물질의 노출을 평가하는 방법을 바이오모니터링(biomonitoring)이라 함.
- 직업노출한계(occupational exposure limits)는 양-반응 곡선에서 건강상 영향이 발생하기 전 단계(critical health endpoint)의 농도와 NOAEL(독성이 관찰되지 않는 농도) 혹은 LOAEL(최소한의 독성이 확인되는 농도) 및 문헌고찰 등으로 결정할 수 있음.
- 현대에는 대부분의 여성이 임신기간에도 일을 하므로 직업적 노출이 발

달 및 생식독성(developmental and reproductive toxicology)에 미치는 영향에 대한 고려가 필요함. 모든 화학물질을 높은 농도에서 간접적으로 영향을 줄 수 있으며 경우에 따라 모체에 무영향이면서 자손에게 영향을 주는 물질도 존재함.

○ 2023. 5. 24.(목)

- PDC 803 : Aerosol Sampling Methods Update

<주요내용>

- 에어로졸은 공기 역학적 직경(Aerodynamic Equivalent Diameter, AED)이라는 용어를 사용하며 밀도와 모양이 중요한 매개 변수임.
- 먼지의 위험성은 광산과 채석장에서 처음으로 인식되었으며 제어가 필요한 영역을 식별하기 위해 1914년 공기 중 먼지를 샘플링 하였음
- 초기 지역 시료 채취기는 끈적한 표면이 있는 현미경 커버를 이용하여 에어로졸을 샘플링하는 Aeroconiscope와 설탕을 이용하여 뉴욕 지하철 공기를 측정하기 위해 사용한 Sugar Tube 등이 있으며 개인 샘플러는 1955년에 처음 도입되었으며 유량 및 압력 강하에 대해 보정이 되지만 ISO 13137에는 충족하지 못했음.
- 샘플러는 펌프의 성능을 확인하기 위해 교정을 실시하여야하며 확실한 교정을 위해서는 여러 교정기의 판독 값의 상대표준편차 확인 필요 (이상적인 기준 : 2.5% RSD 이하).
- 흡입성(Inhalable) 입자를 측정하기 위해서는 최대 100 μ m까지 샘플링 할 수 있는 샘플러를 사용해야하며 샘플러의 인증을 위한 테스트는 일반적으로 90 μ m AED를 사용하기 때문에 더 큰 입자는 샘플링에 대한 재현성이 떨어질 수 있음. 흡입성(Inhalable) 샘플러의 종류는 IOM sampler(영국), 37mm Closed-face cassette(미국) 등이 있으며 IOM가 현재로서 가장 정확한 샘플러임.
- 샘플 채취에서 Wall deposits의 원인은 관성 충돌, 중력 침전, 정전기 등

으로 인해 발생할 수 있으며 이를 줄이기 위해서는 10% 질산을 사용하
기보다 탈이온수를 이용해 닦는 것이 효과적이었음.

Ⅲ. 시사점 및 특이사항

- 2023년 미국산업위생학회(American Industrial Hygiene Conference and Expo)에서는 스마트 기술과 인간의 삶에 대한 내용으로 개최식을 진행함. 금년도 학회는 주로 대면으로 진행되었으나 일부 교육과정은 온·오프라인 동시로 진행되었음. 학술대회는 교육·포스터세션과 더불어 간단한 팝업 발표 및 건강증진에 관련된 참여세션이 진행되어 다양한 방법으로 학술대회에 참여 할 수 있었음
- 학술대회는 교육세션 및 팝업 세미나는 코로나 대응, 호흡용 보호구, 입자상 물질, 소음 관리, 직업성 피부염, 기후 변화, 환기, 정신건강 및 위험성평가 등 다양한 주제를 다루었고 Expo전시회는 기존 측정 장비 및 보호구 업체 뿐 아니라 화학 사고나 화재 시 화학물질의 농도를 평가하거나 실험실·사무실 등의 작업 환경 컨설팅 업체도 참가하였음.
- 본 학술대회에서 측정·분석의 정확도 및 정밀도 향상과 새로운 분석방법에 대한 세미나에 주로 참여했으며 포스터 세션 및 전시회에서는 화학물질의 피부 노출에 대한 위험성과 예방 방법 그리고 화학사고 혹은 화재 발생 시 화학물질의 노출에 대한 주제의 연구를 둘러보았음.

VI. 첨부자료

○ 관련 사진



<AIHce EXP 2023>



<Exhibition Hall>



<PDC 강좌>



<Pop-up session>