

요 약 문

1. 과제명 : 난용성 인듐 화합물의 노출실태 및 관리방안 연구 I

2. 연구기간 : 2010. 1. 1 ~ 2010. 11. 30

3. 연구자 : 연구책임자 이 광 용

공동연구원 이 나 루

공동연구원 신 정 아

4. 연구목적 및 필요성

LCD, OLED, PDP 등 디스플레이 산업의 발달과 함께 인듐화합물인 ITO의 소비량이 급속하게 증가하고 있다. ITO 소비량의 급속한 증가와 함께 취급근로자가 증가하면서 직업성 질환인 폐포단백증(PAP)이 일본, 미국, 중국에서 발생했다. 디스플레이 산업의 시장점유율 세계1위 한국에서 산화인듐 및 ITO 등 난용성 인듐 화합물의 사용이 급속히 증가함에 따라 근로자 노출 가능성은 지속적으로 증가될 것으로 예상되나 인듐과 관련한 자료는 전무한 실정이다.

본 연구는 2개년에 걸쳐 난용성 인듐 화합물의 노출실태 및 관리방안을 도출하기 위한 연구로 1차 년도인 금년도의 경우 본 연구의 최종목적을 달성하기 위한 기반연구를 수행하고자 하며, 1차년도 연구의 구체적인 세부목표는 다음과 같다. 첫째, 인듐 및 난용성 인듐의 수·출입, 취급 및 유통현황을 파악한다. 둘째, 인듐 및 난용성 인듐의 취급업종의 흐름을

파악하고, 각 업종별 작업공정 및 취급근로자 수 등을 파악한다. 셋째, 인듐의 노출수준을 평가하기 위한 작업환경측정·분석방법을 개발하고자 한다.

5. 연구방법

인듐의 수출·입 관련하여 상품 품목별 분류코드인 HS Code가 2002년에 변경되면서 이후 한국무역협회의 수출·입 자료를 통해서도 국내 인듐 수요량을 정확히 추산하기 어려워 본 연구에서는 인듐 사업장을 방문 조사하여 인듐 유통과 관련된 산업 간의 흐름을 파악하고, 각 산업에서의 인듐 생산 및 사용량을 추정하였다.

인듐 및 난용성 인듐 취급 산업을 첫째, 인듐제련 산업, 둘째, 산화인듐 및 ITO target 제조 산업, 셋째, LCD, LED, 박막태양전지(CIGS) 등의 ITO target을 이용한 박막필름 제조 산업, 넷째, 산화인듐 및 ITO target 제조공정에서 발생한 슬러지, 폐 ITO target 등을 이용한 인듐 재생산업 등의 4개의 제품군으로 나누어 조사하였다. 각 산업별 조사방법은 문헌조사를 실시한 후, 각 군별 사업장을 방문하여 직접 조사하는 방법으로 진행하였다.

인듐 및 그 화합물의 측정·분석방법은 우리나라 인듐 취급 사업장에서 발생하는 인듐 및 ITO 분진이 특성과 현재 미국과 영국에서 사용하고 있는 측정·분석방법을 기초로 하여 유도결합플라즈마 분광광도계(Inductively coupled plasma, ICP)와 유도결합플라즈마 질량분석기(Inductively coupled plasma-mass spectrometry, ICP-MS)를 분석장비로 선정하여 측정·분석방법을 제시하고자 한다.

전처리 실험은 마이크로웨이브파(Microwave digestion system), 가열판(Hot plate), 흑연블록 산 분해장치(Graphite block digestion system or

Hot block)의 세 가지 장비를 이용하여 시료를 회화하였으며, 산은 질산과 염산을 사용하였다.

인듐 및 그 화합물의 분석과정의 적합성 평가를 위해 검출한계, 정밀도 평가, 정확도 평가를 실시하였다.

6. 연구결과

인듐 및 인듐화합물의 생산량, 소비량 및 수출입과 관련한 자료는 관세청 HS Code가 갈륨 등 다른 물질과 혼합하여 관리되고 있기 때문에 정확한 자료를 알 수 없다. 인듐 관련 사업장을 방문 조사한 결과, 우리나라 인듐은 연간 약 140톤, ITO는 약 700톤이 생산되는 것으로 추정된다. ITO는 디스플레이 산업에서 대부분 사용되며 소비량은 연간 약 950톤, 실제 사용량은 소비량의 30%인 300톤으로 추정되며, 인듐 재생은 약 500톤 정도이다.

인듐제련업은 주조공정에서 인듐에 노출될 가능성이 있으나 난용성 인듐에 근로자가 노출될 가능성은 없다. 산화인듐 및 ITO 제조업은 산화인듐 제조공정 중 건조, 하소, 분말포장 공정에서 근로자가 산화인듐에 직접적으로 노출되나 전 공정에서 산화인듐에 노출될 수 있으며, ITO 제조공정은 모든 공정에서 산화인듐 및 ITO에 직접적으로 노출될 수 있다. 디스플레이 산업에서는 증착공정에서 ITO target 교체, 수리 등을 수행할 때 노출될 수 있다. 인듐 재생업은 인듐 슬러지 및 ITO target 파쇄, 불밀작업, 소결된 제품 운반, 용해 공정 등에서 난용성 인듐에 노출될 수 있으며, 주조공정에서는 인듐 금속에 노출 가능하다.

인듐 표준용액으로 제조된 시료를 ICP로 분석하여 정밀도 평가를 실시한 결과 통합변이계수는 마이크로웨이브와 전처리 방법, 가열판 방법, 흑연블록 산 분해장치 방법에서 1% 미만, ICP/MS는 최대 4.39%로 미만으로 평가되었다.

ITO 분말용액으로 제조된 시료는 ICP에서 1% 미만, ICP/MS에서는 최대 5.09%로 평가되었다.

정확도 평가를 위한 탈착효율 결과는 ICP 분석한 결과, 마이크로웨이브파 전처리 방법, 가열판 방법, 흑연블록 산 분해장치 방법을 이용한 전처리 방법에서 98.9%이상의 결과를 얻었으며, ICP/MS 방법은 88.1% 이상이었다.

인듐 또는 ITO의 근로자 노출평가를 위해서는 노출원에 따라 ICP 또는 ICP/MS를 이용하여 평가해야한다. 인듐제련, 산화인듐 및 ITO 제조 그리고 인듐 재생업 등 인듐의 발생량이 많은 산업에서는 ICP를 이용하여 분석하고, sputter 또는 에너지빔을 이용하여 박막필름 코팅을 하는 LCD, PDP, OLED 등 디스플레이 산업에서는 ICP/MS를 이용하여 인듐 및 ITO 노출평가를 실시하도록 한다.

7. 활용계획

이 연구결과 인듐 및 난용성 인듐의 사용실태, 취급공정의 특성 등을 조사하여 취급 근로자의 노출원을 파악하였으며, 이 조사를 바탕으로 측정·분석 방법을 개발하였다. 본 연구를 기초로 하여 2년차 연구과제(산화인듐 및 ITO 취급근로자 노출평가 등)를 수행하도록 하며 향후, 난용성 인듐 화합물의 법적 관리대상으로 편입시켜 관리함으로서 근로자 건강장해 예방에 활용하고자 한다.