

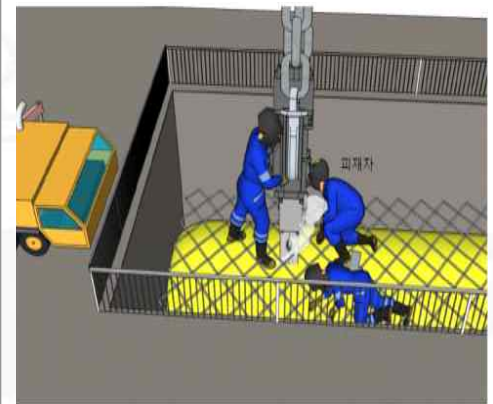
펌프해체 작업 중 누출된 유해가스에 중독 사고사례 (KOSHA-MIA-202017)

본 OPL은 국내에서 발생한 화학사고에 대하여 안전보건공단에서 동종사고의 재발방지를 위하여 관련 사업장에 무료로 배포하고 있으며, 금번 발생한 사고사례는 동종재해 예방을 위하여 적시에 배부하오니 근로자에게 충분히 교육하여 동종사고가 발생하지 않도록 만전을 기하여 주시기 바랍니다.

펌프해체 작업 중 누출된 유해가스에 중독사고

< 재해개요 >

2019년 4월 충청남도 ○○○사업장의 경유탈황 공정에서 □□□(주) 소속 피재자가 Process Sewer Sump 내 지하 탱크의 이송펌프를 해체하고 이동식 크레인으로 들어올리던 중 이송펌프와 탱크 연결부위에서 발생한 유해가스에 중독되어 병원으로 이송 후 치료 받던 중, 26일이 경과 후 2019년 5월에 사망한 재해임



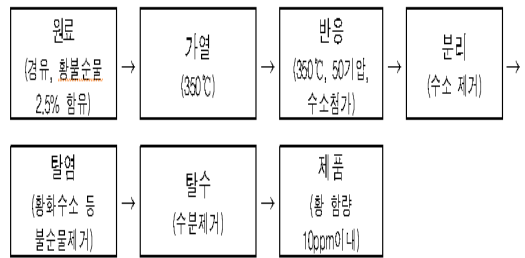
[재해상황도]



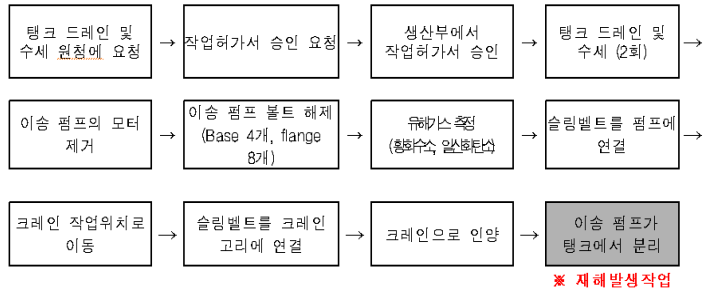
[재해발생 장소]

1 사고발생공정 및 재해발생작업

○ 사고발생공정 : 경유탈황공정



○ 재해발생작업 순서도 : 이송펌프 해체작업



펌프해체 작업 중 누출된 유해가스에 중독 사고사례 (KOSHA-MIA-202017)

2 사고발생원인

○ 밀폐공간 작업 프로그램 미수립

- 재해장소(Process Sewer Sump 내부 지하 탱크)는 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 정한 밀폐공간(규칙 별표18의 14호, 18호)*에 해당되나, 밀폐공간 작업 프로그램 미수립

*산업안전보건기준에 관한 규칙 제 618조 제1호관련 밀폐공간

- 14. 산소농도가 18퍼센트 미만 또는 23.5퍼센트 이상, 탄산가스농도가 1.5퍼센트 이상, 일산화탄소 농도가 30ppm 이상 또는 황화수소 농도가 10ppm 이상인 장소의 내부
- 18. 근로자가 상주하지 않는 공간으로서 출입이 제한되어 있는 장소의 내부
- 근로자가 송기마스크 착용시 압축공기 공급원, 여과장치, 유량조절장치, 장착대, 안면부 등의 이상유무 확인 미실시
- 밀폐공간 작업이 아닌, 일반작업(중장비 작업)에 대한 작업허가서를 원청에 요청 및 승인 받은 후 작업을 진행함

○ 밀폐공간에 대한 환기 등 미실시

- Process Sewer Sump 내부 지하 탱크의 이송펌프 분리작업 시작 전과 작업 중에 충분한 급기 등 환기 미실시

○ 안전한 작업방법 교육 미실시

- 근로자가 밀폐공간에서 작업을 하는 경우에 보호구의 착용과 사용방법에 관한 사항, 환기설비의 가동 등 안전한 작업방법 관한 사항 등에 대해 교육 미실시

○ 탱크내 유해가스 제거 방법 부적절

- Water washing 2회 만으로 탱크내 오일 및 불순물(황성분)이 제거되지 않아 이송펌프가 분리되면서 개방된 플랜지에서 고농도의 유해가스(황화수소, 일산화탄소)가 발생

○ 피재자 구출시 공기호흡기 또는 송기마스크 미착용

- 피재자 구출작업시 구조자가 공기호흡기 또는 송기마스크 미착용 상태에서 구출작업을 하여 2차 재해 위험이 있었음

펌프해체 작업 중 누출된 유해가스에 중독 사고사례 (KOSHA-MIA-202017)

- 화학설비 및 그 부속설비* 정비·보수작업에 대한 산업재해예방 조치 미준수
 - 재해당시 이송펌프* 해체작업 장소에 위험물(급성독성물질*)등이 작업자에게 누출방지 등 산업재해예방 조치사항 미준수
- * 급성독성물질 : 산업안전보건기준에 관한 규칙 별표1에 따른 가스 LC50(쥐,4시간흡입) 2,500ppm이하인 화학물질- 황화수소 444ppm, 일산화탄소 1,300ppm으로 해당
- * 화학설비 및 그 부속설비 : 경유탈황공정 Process Sewer Sump 내부에 설치된 탱크 및 이송펌프는 산업안전보건기준에 관한 규칙 별표7에 따른 화학설비에 해당

3 동종사고 예방대책

○ 밀폐공간 작업 프로그램 수립·시행

- Process Sewer Sump 내부에 설치된 탱크, 설비의 분해, 조립작업은 밀폐공간 작업에 해당되므로 근로자에게 작업을 하도록 하는 경우에는 밀폐공간 작업 프로그램을 수립·시행하여야 함

* 밀폐공간 작업 프로그램 수립 내용

1. 사업장 내 밀폐공간의 위치 파악 및 관리 방안
2. 밀폐공간 내 질식·중독 등을 일으킬 수 있는 유해·위험 요인의 파악 및 관리 방안
3. 제2항에 따라 밀폐공간 작업 시 사전 확인이 필요한 사항에 대한 확인 절차
4. 안전보건교육 및 훈련
5. 그 밖에 밀폐공간 작업 근로자의 건강장해 예방에 관한 사항

○ (송기마스크 착용 이상 유무 확인) 근로자가 송기마스크 착용시 압축공기 공급원, 여과장치, 장착대 허리에 착용한 뒤 누설이 없도록 안면부 착용 등의 이상유무 확인한 뒤 작업안전수칙을 준수하여 작업 실시

- (밀폐공간 작업허가서) 밀폐공간작업 근로자는 작업개요, 공기상태, 환기 방법, 펌프나 각종 배관 등의 차단상태, 연락체계, 사고발생시 응급구조 체계, 보유장비 등이 작성된 작업허가서를 원청에게 검토 받아 작업허가서를 발급 받은 후 작업 실시

○ 밀폐공간 작업장에 대한 충분한 환기 실시

- 근로자가 밀폐공간에서 작업을 하는 경우에 작업을 시작하기 전과 작업 중에 해당 작업장을 적정공기 상태가 유지되도록 환기 실시

펌프해체 작업 중 누출된 유해가스에 중독 사고사례 (KOSHA-MIA-202017)

○ 밀폐공간 작업에 대한 위험성 주지 철저(교육 실시)

- 밀폐공간 작업시 보호구 착용과 사용방법 등 안전한 작업방법 및 한번 호흡으로 사망할 수 있다는 위험성에 대하여 주지하도록 철저한 교육 실시

○ 탱크내 유해가스 제거방법 개선

- 탱크내 이송펌프 해체작업시 유해가스를 적절히 제거하기 위해서는 탱크 벤트밸브에 가스측정용 노즐을 설치하여 탱크내 유해가스 농도를 확인하고 적정공기* 상태가 될 때까지 질소 퍼지를 실시 후 물세척(Water washing)을 반복 실시하여 유해가스 제거

* “적정공기”란 산소농도의 범위가 18퍼센트 이상 23.5퍼센트 미만, 탄산가스의 농도가 1.5퍼센트 미만, 일산화탄소의 농도가 30피피엠 미만, 황화수소의 농도가 10피피엠 미만인 수준의 공기를 말한다.[산업안전보건기준에 관한 규칙 제618조(정의) 제3호]

○ 피재자 구출시 공기호흡기 또는 송기마스크 착용

- 밀폐공간에서 위급한 근로자를 구출하는 작업을 하는 경우 그 구출작업에 종사하는 근로자에게 공기호흡기 또는 송기마스크를 지급하고 착용하도록 조치

○ 화학설비 및 그 부속설비 정비·보수작업에 대한 누출예방 조치 철저

- 해당 작업 장소에 위험물 등이 누출되지 않도록 탱크내 유해가스 제거방법 개선 조치를 통해 물세척(Water washing)과 퍼지를 철저히 실시 후 유해가스 농도확인 등 위험물 누출예방조치 철저

○ 화학설비 및 그 부속설비 개조·분해·해체 또는 철거작업 시작 전 안전·보건정보 제공 철저

- 위험물질 및 관리대상물질의 명칭과 유해성·위험성
- 안전·보건상 유해하거나 위험한 작업에 대한 안전·보건상의 주의사항
- 안전·보건상 유해하거나 위험한 물질의 유출 등 사고가 발생한 경우에 필요한 조치의 내용

저압분리기 덮개 개방 중 화재·폭발 사고사례 (KOSHA-MIA-202018)

본 OPL은 국내에서 발생한 화학사고에 대하여 안전보건공단에서 동종사고의 재발방지를 위하여 관련 사업장에 무료로 배포하고 있으며, 금번 발생한 사고사례는 동종재해 예방을 위하여 적시에 배부하오니 근로자에게 충분히 교육하여 동종사고가 발생하지 않도록 만전을 기하여 주시기 바랍니다.

저압분리기 덮개 개방 중 화재·폭발 사고

< 재해개요 >

2020년 2월 충청남도 ○○○사업장의 EVA*공장에서 생산제품 변경(Grade Change)을 위하여 공장을 정지하고 저압분리기(Low Pressure Product Separator) 내부 세정을 위하여 상부 덮개 볼트를 풀고 이동식 크레인으로 30cm 정도 들어 올리는 순간 화염이 발생하여 인근 작업자 9명이 병원으로 후송된 사고임.

* EVA : Ethylene과 Vinyl Acetate Monomer(이하 VAM)를 공중합시켜 얻어지는 중합체(Co-polymer)로 포장재, 태양광 필름, 접착제 등에 이용됨.



[사고발생현장-저압분리기 상부]



[저압분리기 내부(좌) 및 탈착된 폴리머(우)]

1 사고발생공정 및 재해발생작업

○ 사고발생공정 : EVA공정

압축 (Compressor)	<ul style="list-style-type: none"> 1차 압축(6단 구성) - 주원료인 에틸렌을 공급 2차 압축기로 공급(260 bar) - 2차 압축 - 1차 압축기로부터 공급된 에틸렌과 함께 초산비닐을 반응기에 공급(2,700 bar)
반응 (Reaction)	<ul style="list-style-type: none"> - Tubular(이중관) 형식의 반응기를 통해 중합반응 진행 (전환율 : 약 20%, 운전조건 : 260°C / 3,059 bar)
고압 회수 (High Pressure Recycle)	<ul style="list-style-type: none"> - 미반응 원료 에틸렌을 레진상태의 폴리머(EVA)와 분리 후 2차 압축 공정으로 회수함.
저압 회수 (Low Pressure Recycle)	<ul style="list-style-type: none"> - 미반응 원료(에틸렌)을 2차 분리 후 1차 압축공정으로 회수함 <사고발생공정>
압출 (Pelletizing)	<ul style="list-style-type: none"> - 레진 상태의 폴리머(EVA)를 펠릿 형태로 압출하여 EVA 제품을 생산함

○ 사고발생물질

물질명 (CAS No.)	물질 상태	폭발 한계(%)	인화점 (°C)	증기 밀도	최소점화 에너지[mJ]	발화점 (°C)	비고
에틸렌 (74-85-1)	기체	2.7 ~ 36	-136	0.98	0.07	490	원료
비닐아세테이트 (108-05-4)	액체	2.6 ~ 13.4	-8	2.5	0.7	402	원료
EVA (24937-78-8)	레진	자료 없음	155	7.67	자료없음	430	제품

저압분리기 덮개 개방 중 화재·폭발 사고사례 (KOSHA-MIA-202018)

2 사고발생원인

○ 인화성 가스 제거조치 미흡

- 인화성 가스 등을 취급하는 저압분리기 등의 화학설비 덮개 개방 시, 내부에 체류할 수 있는 인화성 증기, 가스 등에 의한 폭발 또는 화재를 예방하기 위하여 불활성기체를 이용한 치환(Purge)작업을 통해 폭발위험분위기가 형성되지 않도록 조치하여야 하나, 용기 내부에 인화성 가스 등이 체류된 상태에서 덮개 개방작업을 실시함.
- 인화성 물질을 취급하는 화학설비를 대상으로 한 세정, 보수 등 작업 시, 치환(Purge)후 화학설비 주변에 체류할 수 있는 인화성 가스 농도 측정을 미실시함.

○ 부적절한 안전작업허가서 발급

- 폭발위험장소 내에서 볼트 해체 등 점화원(스파크, 불꽃 등)을 발생시킬 수 있는 작업임에도 불구하고, 일반작업허가서를 발급함에 따라 화재·폭발을 예방하기 위한 작업 전 안전조치 실시 상태가 미흡함.

○ 안전운전절차 작성 및 준수 미흡

- 해당 작업은 인화성가스 농도 측정이 작업 전 중요한 절차임에도 불구하고 안전운전절차에 누락되어 있고, 맹판(Blind) 미실시, 치환작업 상세절차 미준수 등 안전운전절차서를 준수하지 않음.

○ 작업위험성평가 실시 내용 미흡

- 해당 작업은 주기적으로 실시하는 화학설비 유지보수(세정) 작업으로 작업 위험성평가를 통해 잠재적인 유해위험요인을 도출하고 이를 토대로 공정 및 작업절차의 개선방안을 강구하여야 하나 이를 위한 작업위험성평가 실시 내용이 미흡함.

저압분리기 덮개 개방 중 화재·폭발 사고사례 (KOSHA-MIA-202018)

3 동종사고 예방대책

○ 인화성 가스 제거 조치 철저

- 인화성 물질을 취급하는 화학설비의 덮개 개방 시, 내부에 체류할 수 있는 인화성 증기, 가스 등에 의한 폭발 또는 화재를 예방하기 위하여 불활성 기체로 치환(Purge)하여야 하며, 폭발위험분위기 형성 여부를 확인하기 위하여 화학설비 주변이나 내부에 체류할 수 있는 인화성 가스 농도를 측정하여야 함.

○ 작업에 적합한 안전작업허가서 발행 및 절차 준수

- 폭발위험장소 내에서 볼트 해체 등 점화원(스파크, 불꽃 등)을 발생시킬 수 있는 작업 수행 시, 화기작업허가서 발급을 통해 화재·폭발을 예방하기 위한 작업 전 안전조치를 실시해야 함.

○ 적합한 안전운전절차서 작성 및 준수

- 화학설비의 덮개를 개방하는 작업 등에는 밸브 차단이나 치환작업 상세절차, 인화성 가스 측정 등을 포함한 적합한 안전운전절차를 작성하고 그 절차를 준수하여야 함.

○ 작업위험성평가 수행 철저

- 주기적으로 실시하는 화학설비 유지보수(세정) 작업을 대상으로 한 작업 위험성평가 수행 시, 화재·폭발누출을 예방하기 위해 잠재적으로 발생할 수 있는 사고 및 그 가능성에 대해 검토하고, 이를 제거 또는 발생확률을 감소시키기 위한 구체적인 조치계획을 수립해야 함.

냉각탑 Cold Water Basin에 빠져 익사(KOSHA-MIA-202019)

본 OPL은 국내에서 발생한 화학사고에 대하여 안전보건공단에서 동종사고의 재발방지를 위하여 관련 사업장에 무료로 배포하고 있으며, 금번 발생한 사고사례는 동종재해 예방을 위하여 적시에 배부하오니 근로자에게 충분히 교육하여 동종사고가 발생하지 않도록 만전을 기하여 주시기 바랍니다.

냉각탑 Cold Water Basin에 빠져 익사사고

< 재해개요 >

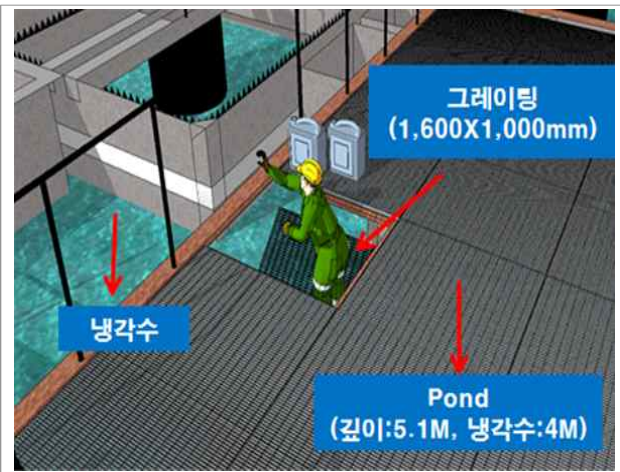
2018년 5월 0일 09:03경 재해자가 냉각수 관리를 위해 충청남도의 000 사업장내로 들어와 냉각탑 Cold Water Basin(이하 Pond라 함)상부(그레이팅)에 올라가 화학약품(부식 및 스케일 방지제)을 투입하던 중 부식된 그레이팅 지지대 일부가 파괴되면서 그레이팅과 함께 Pond(깊이:5.1M, 냉각수:4M)에 빠져 13:55경 펌프 흡입측 버터플라이밸브에서 발견된 재해임



[사고발생 냉각탑 전경]



[Pond로 떨어진 그레이팅부위]



[재해발생 상황도]



[부식된 그레이팅 지지대]

냉각탑 Cold Water Basin에 빠져 익사(KOSHA-MIA-202019)

1 사고발생 기인물

○ 사고발생기인물

- 정의 : 냉각탑의 하부에 위치하여 냉각수를 모으는 역할을 하며 탑의 중요한 기초로서의 역할을 함
- 가로 길이 : 3,600mm, - 세로 길이 : 45,000mm, - 깊이 : 3,700mm

2 사고발생원인

○ 냉각탑 Pond 상부 그레이팅 지지대의 부식상태가 심하여 충분한 지지력이 확보되지 않음

- 냉각탑 Pond는 냉각탑의 하부에 위치하여 냉각수를 모으는 역할을 하므로 상부 그레이팅 지지대 등이 오랜 시간에 걸쳐 수분 등에 의해 산화·부식 되어 지지력이 약해진 상태에서
- 작업자가 상부 그레이팅 위에서 부식 및 스케일 방지제를 투입하는 작업을 수행함

○ 작업수행 전 관리감독 업무 소홀

- Pond 상부 그레이팅 위에서 작업수행 전 그레이팅 지지대의 부식 상태, 그레이팅의 설치상태 등 사전에 잠재위험을 제거하기 위한 관리감독 업무를 소홀히 함

3 동종사고 예방대책

○ 구축물 또는 이와 유사한 시설물의 안정성평가 후 사용

- 사업주는 Pond 상부 그레이팅 지지대 등이 수분 등에 의해 부식되어 작업자의 하중 등을 충분히 지지할 수 없는 위험요인이 있을 경우 사전에 안전진단 등 안전성 평가를 하여 근로자에게 미칠 위험성을 미리 제거 하여야 하고
- 작업수행 전 근로자가 안전하게 작업을 수행할 수 있도록 사전점검, 안전작업방법 등에 관한 교육 등을 실시하여야 함

○ 냉각탑 Pond 상부에 올라가지 않고 방지제를 투입(권고)

- 냉각탑 Pond 상부 그레이팅 지지대는 부식위험에 상시 노출되어 있으므로 상부에 올라가지 않고 방지제 등을 투입할 수 있는 방법을 검토

○ 비상사태 발생에 따른 구체적인 조치계획 작성

- 위험물의 다량 누출로 인한 폭발·화재로 대형사고의 급박한 위험이 있는 경우에는 비상조치 또는 작업을 중지하고 안전한 장소로 대피가 우선되어야 함.