

질산사고

1. 화학공장에서 아질산 누출

□ 개요

- 일시 : 2012.8.9.
- 장소 : 저장소
- 피해 : 협력업체 직원 2명 입원치료
- 출처 : eMars,

<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/9c02c071-cc98-af36-429e-591d25dfe893>

□ 사고

- 건물외관 철거 중 질산배관 손상
- 배출된 질산이 금속 계단과 접촉하면서 아질산 발생
 - 그 중 일부는 대기중으로 방출되고 대부분은 실내에서 물에 흡수됨.

□ 원인

- 작업 중 위험 장소에서 방호를 부적절하게 하고 작업수행

□ 재발방지대책

- 배관보호개선
- 협력업체 직원에 대한 보다 철저한 교육
- 저장소에서 작업시간 단축

2. 항공우주기기 제조소 화재

□ 개요

- 일시 : 2021.1.10.
- 장소 : 민수/군용 헬리콥터 유지보수 및 제작
- 피해 : 표면처리 라인 파손으로 1,000만 유로 손실
- 출처 : eMars,

<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/de9995cb-46f1-11ec-9874-0050563f0167>

□ 사고

- 사고당일인 일요일 6:00경 항공우주기기 제조소에서 화재발생
 - 1,500m² 창고의 산표면처리 물질 70m³에서 발생

- 질산을 품은 연기가 배출구로 배출됨
- 다수의 화학물질이 있어서 화재발생으로 심한 매연 발생
 - 10:25 화재진압됨

□ 원인

- 전기조절 캐비닛의 전기적인 결함으로 화재발생
- 매연감지장치가 없어서 열이나 매연을 조기에 감지하지 못해서 화재발생 상황이 뒤늦게 감지됨

□ 재발방지대책

- 매연감지장치 설치
- 천정 설계 변경

3. 펙틴 제조공장에서 아질산 증기 방출

□ 개요

- 일시 : 1993.12.10.
- 장소 : 식·음료 제조소 반응기
- 피해 : 파열판을 통하여 1~2분 사이에 102m³ 아질산증기 방출
- 출처 : eMars,

<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/ab79604e-07d1-fff8-3a10-9479fcec9c6c>

□ 사고

- 사과·귤껍질에서 펙틴을 생산하는 공장에서 사고 발생
 - 펙틴의 에스테르화반응을 저하하기 위하여 염기성으로 처리함
 - 이 과정에서 반응기 압력 상승으로 아질산기체 발생
- 사고 당일 숙련된 조업자가 일상적인 상태에서 실험 진행
- 반응 끝 무렵에 질산 용액으로 중화반응을 시작함
- 중화반응 끝 무렵, 전자동으로 운전 중이던 반응기를 수동으로 수차례 전환하고 조업자가 밸브를 통해 질산 공급
 - 질산 과잉공급으로 반응기 온도 및 압력이 상승하여 파열판 파손

□ 원인

- 과량의 질산과 반응하여 발열반응 진행
 - 온도·압력 상승

□ 재발방지대책

- 질산사용공정의 처리절차 전면 개정
- 시약공급밸브 수동조작 금지
- 온도 안전장치를 반응기에 부착
 - 반응 시 제외 온도 25°C면 공급 밸브 닫힘
- 안전점검 및 경보장치 위치 점검
- 반응기 시약 공급과 관련된 일정 시스템은 2중으로 설치

4. 탱크에서 질산누출

□ 개요

- 일시 : 2021.1.17
- 장소 : 비료제조 및 저장소
- 피해 : 공정 내 영향
- 출처 : eMars,

<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/278476d8-2817-11ec-9872-0050563f0167>

□ 사고

- 탱크에서 질산 113톤이 누출되어 하수 및 토양오염
- 사고 2개월 전 밸브를 예방보전차원에서 교환
 - 소재가 내질산 재질이 아님

□ 원인

- 교체 밸브 재질이 잘못됨
- 적절한 소재 사용에 대한 지침서 부족

□ 재발방지대책

- 방류독내에 잠금밸브를 설치한 저장탱크 위치
- 예비부품 관리 지침

5. 질산마그네슘 생산 중 질산 발생

□ 개요

- 일시 : 2014.7.29.
- 장소 : 무기산 생산시설
- 피해 : 1명 사망
- 출처 : eMars,

<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/a785f82f-ad66-f952-590c-4a6ba565748e>

□ 사고

- 질산마그네슘 생산시설에서 사고발생
 - 마그네슘 원석 현탁액에 질산을 공급하는 장치
 - 폭발반응으로 온도가 상승하고(90°C) 부식성 화학 물질 3.5m³정도 분출
 - 작업자가 노출되어 화상입고 입원치료 중 3주 후 사망

□ 원인

- 마그네슘원석과 질산간의 반응 관리 시스템 부적절
- 반응기 내 온도 측정 미흡
- 개인보호장구 미흡

□ 재발방지대책

- 반응기에 기록장치 설치로 온도 및 시약 추가 측정
- 고온으로 인한 폭발반응 관련 장치 교체
- 개인보호장구 착용 의무화

6. 비료공장에서 흰색 품 누출

□ 개요

- 일시 : 2007.6.19.
- 장소 : 프랑스 Le Grand Quenilly 사
- 피해 : 공정내부에 불쾌한 냄새 퍼짐
- 출처 : Aria,

https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/33310_en/?lang=en

□ 사고

- 5:29 pm 질산암모늄으로 추정되는 흰색 연무 누출
 - 고온 질산 암모늄 요액 생산유닛의 시동 중 발생
- 6:00pm 정도에 소멸됨
 - 약하지만 악취 발생

□ 원인

- 재가동 절차 중 질산을 응축기에 공급하고 물을 공급하는 장치에서 가동기기의 고장
 - 유량계 고장으로 응축기 내 유량이 흐르지 않는 것으로 측정됨
 - * 유지보수를 위해 분리하면서 계량기능을 해제함
 - 질산공급 밸브는 지속적으로 반이 열림
 - * 질산암모늄의 결정화로 밸브가 고정됨
 - 응축기에 질산이 채워지고 넘쳐서 질산 연무 누출됨

- 유지보수를 위해 유량계를 분리하면서 계량기능을 해제하여 정상적인 유량측정이 되지 않음
- 질산 공급 조절밸브에 질산암모늄이 결정화 되면서 밸브가 고정됨

□ 재발방지대책

- 해당 유닛 가동 시 철차서 초안 마련
- 측정기능 지속 유지
- 재가동전 주요 밸브에 대하여 체계적인 점검

7. 비료공장 질산증기 발생

□ 개요

- 일시 : 2013.4.26.
- 장소 : 유럽 내 질산 취급시설(질산칼륨 유닛에서 발생)
- 피해 : 작업자 7명 입원(화상은 없음)
- 출처 : eMars,

<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/5ed91f93-b2a4-30ba-159c-2395de4da551>

□ 사고

- 조업자가 1m³용량의 PE용기에 질산을 채우고 지게차로 옮겨서 200m떨어진 작업장에 둠
 - 조업자가 뚜껑을 닫으면 용기가 부풀어서 뚜껑을 살짝 열어둔 상태에서 운반함
- 일정시간 지난 후 용기가 파열되며 질산이 방출됨

□ 원인

- 조사결과 용기는 산전용이 아님
 - 조업자가 용기를 잘못 선정하고 질산을 이송함
 - * 라벨이 붙은 원래 용기는 작업장 구석에 있었음
 - 내부에 H₂O₂가 소량 남아서 질산 이송 시 화학반응 발생

□ 재발방지대책

- 산 저장 용기는 라벨을 적절하게 부착
- 산을 용기에 이송할 때 감독자 필요
- 이송, 분배, 저장 등에 대해 철차서 개정
- 작업자 교육

8. 비료공장 질산 누출

□ 개요

- 일시 : 2018.10.26.
- 장소 : 프랑스, Grandpuits-Bailly-Carrois
- 피해 : 해당공장 및 인근 공장 근로자 대피(1시간)
- 출처 : Aria,

https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/52592_en/?lang=en

□ 사고

- 질산암모늄 생산공정 재가동 시 60m굴뚝에서 응축질산 방울 누출
 - * 공장은 질소 소재 중간체 생산
 - 조업자가 비상조치를 발령해서 근무자들은 실내에서 노출을 피함

□ 원인

- 질산 공급 탱크의 저수위 감지기로 인해 공정이 가동 중지됨
 - 수위 회복 후 공정 재가동
- 재가동 중 산/암모니아 비율을 수동으로 조절했으나 배출 증기의 pH측정 장치는 작동하지 않음
 - 15분간의 작동 시간 지연으로 산/암모니아 비율이 일정시간 적절하지 못하였음

□ 재발방지대책

- 산/암모니아 비율 조절에 2차 조절절차 추가
- pH측정시스템이 재가동시에도 충분히 작동할 수 있게 설치
- 경보관리 시스템을 최적화하여서 산/암모니아 비율 변화에 대하여 경보

9. 반복재가동 중 질산공장에서 산화질소 누출

□ 개요

- 일시 : 1989.6.7.
- 장소 : 유럽 소재 일반 화학물 제조소
- 피해 : 독성가스 누출(사람, 환경, 설비 영향 없음)
- 출처 : eMars,

<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/ca98269c-c1e1-919e-fcbd-ae64fc8782b9>

□ 사고

- 낙뢰로 질산 공장제어 유닛의 전원 공급에 전압 변동 발생
 - 공정 가동 중단
- 재가동 시도를 반복하는 동안 감압이 충분히 되지 않아서 2차 공기압축기의 흡입 배관에서 산화질소 누출

□ 원인

- 낙뢰로 전원공급이 불안정하여 공정 가동 중단
- 반복 재가동 시도 중 감압이 불충분하여 역류 발생

□ 재발방지대책

- 원 웨이 밸브를 흡입구 쪽에서 설치하여 의도치 않은 역류 시 가스가 대기 중 누출되는 것 방지
- 재가동 절차서 정비

10. 바이오 에탄올 설비 건설 중 폭발

□ 개요

- 일시 : 2015.9.22.
- 장소 : 식음료 제조소의 증류 설비
- 피해 :
- 출처 : eMars,

<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/726bccb3-a9b2-11e7-a0ab-005056ad0167>

□ 사고

- 바이오 에탄올 제조장치 설치유닛에서 화재·폭발
 - 폭주 반응으로 반응기에서 일련의 폭발 발생
 - 누출된 물질 및 기기에서 화재 발생

□ 원인

- 유지보수 기간 중 탱크에 70% 알콜이 잔류된 상태에서 50% 질산을 이송함
 - 대규모 가스 발생을 동반한 발열반응으로 탱크가 압력을 받아서 파열됨
 - 충격파를 형성하고 화재 발생
- * 당시 증류설비 근무자의 잘못된 판단 및 조업으로서 조업지침을 따르지 않는 것이 없음

□ 재발방지대책

- 조업자 교체 및 보충 교육
- 제어 메커니즘 보완 및 변경 관리 도입

11. 맥주 공장에서 질산 누출

□ 개요

- 일시 : 2002. 4. 12
- 장소 : 프랑스 Champigneulle 맥주공장
- 피해 : 누출된 질산으로 배관 파열 및 심각한 손상
- 출처 : Aria,

https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/22217_en/?lang=en

□ 사고

- 10 am 5개의 1000 ℓ 용기를 인도받음
 - 질산 용기 4기, 염산 용기 1기이며 라벨로만 구별가능
- 일상적인 절차대로 이송절차 시작
 - 3000 ℓ 질산이 담긴 10m³ 스테인리스 스틸 탱크에 질산이송
- 이후 염산용기에서 실수로 질산 탱크로 내용물 이송
 - 실수를 인지하고 트럭기사가 현장작업자에 이를 통지함
 - 작업자들이 협동으로 산 혼합물을 제거했으나 이미 15분정도 반응한 갈색 질산구름이 누출되어 인근 작업장 대피함

□ 원인

- 실수로 염산을 질산탱크로 이송하여 격렬한 반응 발생 및 질산 증기 발생

□ 재발방지대책

- 화학물질 이송 및 배송시 내용물을 확인할 수 있도록 절차서 수립
 - 내용물 혼동이 생기지 않게
 - 절차서 최신화 및 강화
- 저장시설을 재설계시 물질 간 혼합 위험 고려

12. 광천수 공장에서 질산 누출

□ 개요

- 일시 : 2014.11.15. 프랑스 Saint-Galmier
- 장소 : 음료수 제조공장
- 피해 : 작업자 2명 2도 화상
- 출처 : Aria,

https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/45962_en/?lang=en

□ 사고

- 주말을 이용하여 막힌 폐수배관 수리 작업 중 사고 발생
- 지하 덕트에 대하여 탐색창이 없어서 작업자는 오래된 NaOH 배관을 자르려고 함

- 30cm 높이 배관을 자르려다가 실수로 NaOH 배관과 신규배관 사이에 있던 질산 배관 절단

- 질산이 작업자에 뿌려져서 작업자는 샤워 실시
- 인근에서 접합 작업 중이던 협력업체 직원은 탈출하다 손과 호흡기에 2도 화상을 입음
 - 처음에 폐쇄된 비상구로 잘못 갔다가 노란 산성기체가 퍼진 후 이를 뚫고 탈출함
- * 비상구는 최근 홍수로 폐쇄되었음

□ 원인

- 작업자가 실수로 질산배관 절단
- 지나치게 큰 절단기 사용
 - 20mm 직경 배관절단에 230mm 직경 절단기 사용

□ 재발방지대책

- 취급하는 화학물질의 위험을 충분히 숙지하도록 교육
- 배관 저단 작업 시 사전에 위험성 평가하고 작업허가서 발행
- 산과 NaOH 배관 적절하게 표식
- 작업구간에 대한 유체 잠금에 대한 절차서
- 비상구에 대하여 화살표로 표시
- 사용하지 않는 비상구는 사용가능하도록 조치
- 덕트 내 작업시 CO₂ 농도에 대한 위험성 고려



그림. 사고 발생 작업장, 밀폐된 공간

13. NaOCl₃ 과충전으로 유독가스 발생

□ 개요

- 일시 : 1986.3.11
- 장소 : 금속처리시설 벨기에 소재
- 피해 : 작업자 6명 포함 10명 입원
- 출처 : eMars,

<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/d3197a75-b107-6af0-ff37-0bd8005e29f4>

□ 사고

- NaOCl₃ 이송 탱크에서 내용물이 과류 배관에 흘러감
- 과류 배관을 지난 NaOCl₃유체는 폐기물 탱크로 흘러가서 반응함
 - 폐기물은 물, 질산, 불산의 혼합물
 - NaOCl₃와 두 산성분과의 반응으로 질산 및 불산 발생
- 8:45 am 현장 작업자 6명이 지독한 냄새 인지 후 대피
- 구조팀이 이송 탱크 공금 펌프를 잠궈서 수습
 - 17:00 공정 재가동

□ 원인

- 이송탱크 플로팅 벨브가 결정이 생겨서 작동하지 않음
 - 펌프는 액위가 넘침에도 계속 NaOCl₃를 이송함

□ 재발방지대책

- 플로팅 벨브의 비상 수위 경보가 과류로 배관에 넘치는 수위와 너무 근접해서 작동 효율 저하
- 이송용 펌프가 75m나 떨어져 있어서 비상시 작동 효율 저하
- 과류 배관이 산이 담긴 탱크 상부를 잘못 연결됨

14. 폐기물 혼합 중 폭발

□ 개요

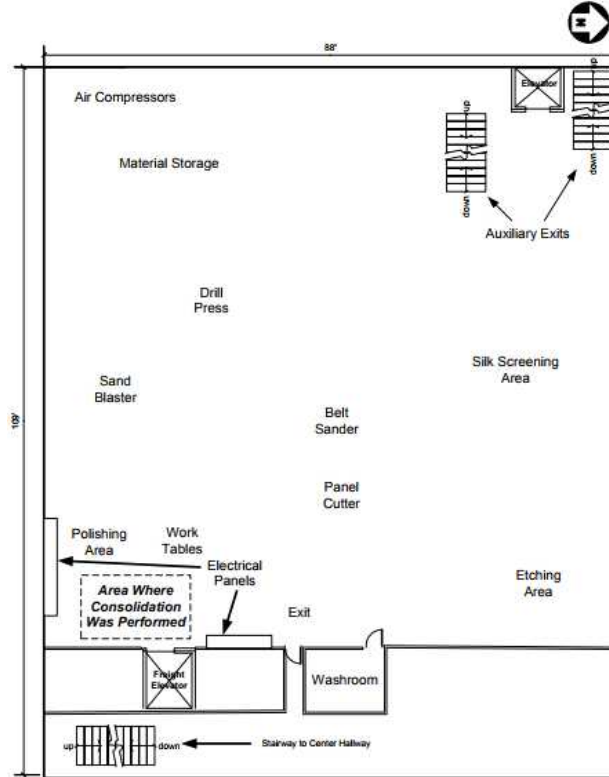
- 일시 : 2002. 4. 25
- 장소 : 미국 뉴욕시 Kaltech 산업그룹 (지하층)
- 피해 : 36명 부상 (4명 중상), 10층 건물에 심한 피해 입음
- 출처 : CSB,

<https://www.csb.gov/kaltech-industries-waste-mixing-explosion/>

□ 사고

- 화학폐기물을 모아서 처리하는 시설로 뉴욕시 복합 건물 지하에 위치

- 밀폐성이 높아서 폭발압력효과 증폭으로 10층 건물에 큰 피해를 줌



그림, 사고 장소 지하 평면도

- 12드럼의 부식성 용액을 포함함 13드럼 폐기물 처리중
 - 이들은 15갤런 소형용기에 모았다가 최종적으로 55갤런 용기로 옮겨서 외부 반출
 - 한 소형용기에서 누출과 심한 냄새가 보고되어 내용물을 대형 용기로 옮긴 후 밀봉함
- 대형용기에서 격렬한 반응이 발생하여 굉음과 함께 내용물이 상부로 뿜어져 나옴
 - 몇 초 후 폭발 발생
- 폭발로 2층, 4층에 페인트 작업중이던 작업자 2명 상해

□ 원인

- 회사 내 화학물질 위험성에 대한 교육 부재
 - 취급 화학물에 대한 위험성 자료 부재
 - 현장 용기에 라벨 부재
 - 근무자 교육 부재
 - MSDS 부재
- 관련 법규 위반
 - 폐기물을 성분 확인 없이 혼합하며 물질 간 혼합이 가능한지 확인하지 않음
 - 작업자들이 폐기물 관리 지침의 위험에 대해 교육받지 않음
- 관계 당국의 감독 부적절

□ 재발방지대책

- 위험물에 대해 확인하고 라벨 부착
- 위험물에 대하여 관리, 보관 서류 제출, 허가
- MSDS 자료 비치
- 작업자 교육 (작업자가 이해하는 언어)
- 혼합 불가 물질을 적절하게 분리
- 관계 당국의 철저한 관리 감독