

SIN-048	資料の出典(資料名、著者、巻、号、頁など) T.Jojima: Ammonia Plant Safety, 21, 111(1979)		本資料の 作成者名 篠原孝順
整理番号 SIN-048	資料のタイトル Urea Reactor Failure		
失敗事例のタイトル 尿素合成塔の破裂			一次原因(材料要素) 蒸気爆発、低サイクル疲労割れ、外面応力腐食割れ
機種 尿素プラント、反応塔	部品 合成塔	材料 80Kg/cm ² 級高張力 鋼、低合金鋼、Pb、鉛ホ モゲンライニング	概略の寸法 1,000ID x 71t x 12,500L
損傷発生時の状況 250TPD 尿素合成塔(253Kg/cm ² , 204°C, 内筒=鉛ライニング付 + 多層円筒=8 x 6.8t)が、建設 15 年後のプラントスタートアップ時に破裂した。塔は 3 分割されて最大 40m まで飛び、周辺設備を破壊すると共にプラント内の作業者に 21 名死亡、71 名負傷の損害を与えた。プラントサイトは Cartagena, Colombia。			
調査内容とその結果 プラント稼働開始(1963.5)から事故発生(1977.12)までの運転・保全記録調査、事故発生時の運転データ解析、破裂した塔からの試片採取・検査など: 当該合成塔はイニシャル・スタートアップ後 1967.7 まで使用された後、新合成塔に置換され、屋外に放置されていた。その後一時的に使用された期間(1969.5~1969.12)があったが、放置から 10 年経過後の 1977.10 に再使用開始となり、その 3 ヶ月後の事故発生となった。 当該合成塔は、電力事情の悪さなどのため稼働時間 36,900hr 中に 246 回のスタートアップ/シャットダウンをするという異常な使われ方をしている。 3 分割された塔の中間部分は多層円筒の縦溶接線熱影響部で一直線に切れて平板化しており、本破裂の過程は次のように推定された: この中間部分で内圧によって縦方向の小亀裂がまず発生した後、これが徐々に大きくなっていき、その開口面積が臨界値に達したところで蒸気爆発が起って、塔は 3 分割になり飛散した。 最初の亀裂発生過程は、鉛ライニングに内在していた欠陥(割れ、空孔など)を通してプロセス流体が漏出し内筒壁・多層円筒壁を腐食減肉させたため、内圧に耐えられなくなって発生したと推定された。この外に、塔壁内の応力集中部での低サイクル疲労割れ、外面からの応力腐食割れの可能性も検討されている。 塔材料不良、耐圧テストなどの健全性テストミス、運転操作ミス、爆発性ガスの発生など、破裂原因になりうる可能性があるものについて広範に亘る調査検討が行われているが、全て否定された。			
損傷発生のシナリオ 尿素プラントにおいて、稼働開始から 5 年間使用した後一旦系外に出して屋外に 10 年間放置していた合成塔を再度系に組み入れて使用を開始したところ、内面の防食鉛ライニングに存在していた欠陥を通してプロセス流体が漏出し、内筒・耐圧多層円筒を腐食減肉させた。このため内圧に耐えられなくなって亀裂が発生し、成長して 3 ヶ月後に蒸気爆発によって破裂した。多層円筒には 6 ヶのウイーブホールが設けられていたが、これらは屋外放置中に外面から浸入した雨水などによる腐食によってできた酸化鉄で閉鎖されており、破裂までプロセス流体の漏洩を発見出来なかった。			
対策(損傷発生時にとられた対策あるいは現在とるべきと考えられる対策) ウイーブホールの増設とこれらからの漏出モニタリングシステム設置や、塔内面の防食ライニング点検の強化を実施した。 その後、尿素プロセスの改良・装置材料技術の進歩によって、現在では本件とは全く違ったプラントシステムになっているが、プロセス流体中の Ammonium Carbamate が炭素鋼、ステンレス鋼に対して激しい腐食性を持っていることや、小欠陥の見落としが合成塔の蒸気爆発に繋がる可能性があること、さらに破裂によって大量の毒性ガスが流出することに変わりはない。			
教訓 本件では、プロセス流体が装置材料に対して激しい腐食性を持っていることや、大量の毒性物質を高圧・高温で取扱っていることに対するプラントオーナー側の認識不足が問題視されよう。長年に亘ってプロセスの心臓部にあたる合成塔を野外に放置するなど、工業国では考え難い処置がとられている。 工業化途上の国への技術移転に際して注意すべき問題点を指摘している、と考えられる。			
備考 工業国においても、尿素合成塔耐圧壁が激しく腐食され事故発生寸前でプラントを停止して難を免れた例がある。あと数日でプラントを定期修理のためにシャットダウンする、と言った時点で漏洩を発見した時の対応が肝心である。			
失敗の主要因		誰が判断した結果生じた失敗と考えられるか	

チェックボックス(○を記入:複数可)		チェックボックス(直接作業者の場合○、監督者の場合△を記入)	
	当時の技術レベルでは不可抗力		設計者
	情報伝達不備・不足		製作者 / 建設担当者
○	担当者不勉強/教育不十分/意識不足		検査者
	指示ミス	○	使用者
	うっかり、ぼんやり	○	メンテナンス者
	その他		その他