

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
発生年月	2004年9月7日	2006年6月29日	2007年12月17日	2009年4月1日	2010年2月18日	2010年2月19日	2010年12月23日	2010年12月25日	2011年2月19日	2011年3月4日	2011年3月6日	
工程	回収工程	回収工程	蒸留工程	蒸留工程	その他	回収工程	原料工程	原料工程	原料工程	その他	原料工程	
発災工程分類	熱交換器	熱交換器開放洗浄	蒸留塔	蒸留塔	廃棄物処理	熱交換器	サイクロン	塩化炉(反応炉)	塩酸放散塔熱交換器	サンプリングタンク	硫酸タンク	
事故発生概要	熱交換器のドレンノズルフランジのマシンボルト(SUS304)4本中1本が突然破断し、漏れたTCSに着火、火災が発生した。	開放機器内の残渣物が、作業の摩擦によって発火した。	塔内の圧力上昇によって塔頂安全弁が作動し、TCSとSTCが噴出して着火した。	配管残液TCS除外作業中に吸引ホース内に固着しているシリカ類にTCSが吸着し、静電気で着火。吸引ダクト内に残留していた水素に引火してダクトが破裂した。	反応炉プレートシリカを廃棄処理するためボールミルで粉砕してたところ、ボールミルのフランジが破裂して内容物が吹き出した。	機器洗浄場において、ポリマー不活性化処置後の熱交換器を解体する作業で、外したバルブに付着したポリマーが着火した。	塩化炉のサイクロン下部のバルブ付近から白煙が発生、ただちに塩化炉を停止。停止操作中に着火を確認し、窒素投入して消火した。	塩化炉の上部より発煙、出火していることを確認した。塩化炉を停止、消火栓を用いて消火した。	塩酸放散塔熱交換器の圧力計台座から塩酸(濃度約20%)が約280L漏洩した。	小型炉のTCSサンプリングの際、小型炉系の内圧のHI警報0.18MPaを計器室で確認した。破裂板上の圧力計を確認し、破裂板作動に気付いた。	タンク下部の配管から硫酸約20L)が防液堤内に漏洩した。	
1	発災工程	通常運転中	実験設備 熱交換器洗浄工程	蒸留塔の排ガスラインのバルブ閉止	蒸留工程の置換作業	ボールミルによる粉砕	熱交換器の解体作業	通常運転中	塩化炉のスタートアップ作業	通常運転中	蒸留工程のサンプリング作業	通常運転中
	プロセス条件	危険物(TCS)の漏洩	熱交換器の内部部品を取り出し、大気中にしばらく置いた後に移動した。	危険物(TCS)の漏洩	水素ガスを窒素ガスに置換する作業を実施(結果として不十分)	ボールミルへの充填量過多、さらにガスの発生	バルブに付着・残留していたクロロシランポリマー類の大気中の水分による加水分解	漏洩した水素およびTCSへの着火	通常では反応が起きない塩化炉上部での反応により、塩化炉のガスケットが損傷しガスが漏洩	高温(125℃)の塩酸による腐食	バルブ切り替え	電気腐食によるSPG配管への腐食
2	物質	トリクロロシラン(TCS)	クロロシランポリマー及びその加水分解生成物	トリクロロシラン(TCS)	トリクロロシランガス、水素ガス	クロロシランポリマー加水分解生成物	クロロシランポリマー加水分解生成物	TCS 水素	TCS 水素	塩酸	TCS	硫酸
	潜在エネルギー危険性	可燃性液体(気体)	大気中の水分と反応、表面乾燥し感度増	可燃性液体(気体)	トリクロロシランガス、水素ガスへの着火	クロロシランポリマー加水分解時のガスの発生	加水分解後の乾燥による発火・爆発性の残留	可燃性液体(気体)	可燃性液体(気体)	高温酸性液体による腐食	可燃性液体(気体)	電気腐食
3	保安事故分類	発火(火災)	発火(瞬時)	発火(火災)	破裂、破損	破裂	発火(火災)	発火(火災)	発火(火災)	漏洩	破損	漏洩
4	人的被害	なし	火傷2名	なし	なし	なし	1名火傷	なし	なし	なし	なし	なし
	物的被害	なし	なし	なし	排ガス吸引ダクト(塩ビ)破損	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	自社(従業員、パート)ノ派遣ノ協力会社の別	なし	協力会社	なし	なし	なし	協力会社	なし	なし	なし	なし	なし
5	直接要因	漏洩したTCSへの着火。	クロロシランポリマー類の加水分解生成物への衝撃。	蒸留塔内の圧力上昇による安全弁が作動し、漏洩したTCSの着火。	TCSを吸着していたダクトへ帯電していたビニールシートから放電し、トリクロロシランガス及び水素ガスが着火。	圧抜きノズルのつまりによる内圧上昇。	クロロシランポリマー類の加水分解生成物の衝撃等による発火。	漏洩したTCSおよび水素への着火。	漏洩したTCS、水素への着火。	高温塩酸による腐食で圧力計の隔膜が消失した。	密閉されたサンプリングタンクへのTCSの投入。	雨水の侵入による電気腐食によりSPG配管に穴が開き、硫酸が漏えいした。
	間接要因	安全管理(設備)	安全管理(マニュアル) 安全教育	安全管理(マニュアル) 安全教育	安全管理(設備) 安全管理(マニュアル)	安全管理(設備) 安全教育	安全教育 危険性知識	安全管理(設備) 安全管理(マニュアル)	安全管理(設備) 安全管理(マニュアル)	安全管理(設備) 安全教育	安全管理(マニュアル) 安全教育	安全管理(設備) 安全教育
		加工残留応力が残っているマシンボルトの使用、および酸性ガス等による応力腐食割れ。	クロロシランポリマーが発生・付着しないプロセスであったが、実験の変動要因で付着したことを予見できなかった。	蒸留塔排ガスラインの閉止による塔内圧力上昇。圧力高による遮断計装が外されていた。	配管が長く(約70m)、窒素への置換が不十分であった。	ボールミルへの廃棄物充填量過多。	クロロシランポリマー類の加水分解生成物の発火・爆発危険性に関する十分な知見が不足。	サイクロン下部のボールバルブの内側が、シリコン粒子による摩耗で薄肉化し、ピンホールが開いた。ピンホールから吹き出したSi粒子に静電気が帯電し、放電火花が発生し、水素に着火したと推定。	スタートアップ時に塩酸が中央部のシリコン層で反応せずに通過し、塩化炉上部でSiと塩酸の発熱反応が起きた。塩化炉上部でガスケットの耐熱温度を超え、ガスケットが損傷してガスが吹き出した。	当該部の温度は約125℃であり、PTFEコーティングがこのプロセス条件に耐えられないことが判明。圧力計の更新時に仕様変更されていた。	サンプリング前に開にする排ガスバルブと閉にする水素バルブの切替の失念。	SPG製濃硫酸配管と銅製スチームトレースの接触部への雨水の浸入。
	安全対策	加工残留応力が残っていないスタッドボルトへ変更、高圧フランジ部の定期点検の実施。	開放作業前に高温蒸気で十分に処理し、ガス検知とドレン水pH測定で判断する。	圧力上昇時の遮断計装の警報値の見直し。排ガスライン操作時の作業員間の確認の徹底。	①静電気の発生しにくい材質の機材を使用する。 ②ホースは使用前に洗浄を行い、固形物除去を行う。 ③装置内の水素を窒素に置換する手順を改善する。	ガス抜き口を広くし、不活性ガスをバージ。アースの取り付け。安全弁の取り付け。当該作業自体を廃止した。	機器の加湿窒素処理の作業標準の制定した。化学設備の解体/撤去工事に係る作業手順の制定。「安全対策チェックシート」を作成し、工事請負人へ交付。	サイクロン下部のバルブを廃止し、超硬金属貼りの短管に変更。2500時間毎に短管を取外して、目視点検及び肉厚測定を行う。	塩化炉塔頂部への温度計増設。塩化炉のガスケットを耐熱温度420℃のものへ変更。塩化炉スタート時の塩酸流量を規定。	圧力計の隔膜をタンタル製または、FEPフィルムタイプを使用する。	圧力HI警報を0.18から0.14MPaに変更。サンプリングタンクに圧力スイッチを取り付け、現場へのパライト設置。圧力範囲を色分けした圧力計を見やすい位置に変更。	濃硫酸配管に防食テープを貼り、銅製スチームトレースと絶縁。濃硫酸配管をSUS製へ変更。

■保安事故事例(多結晶シリコン製造関係)

No.	12	13	14	15	
発生年月	2011年3月16日	2012年2月29日	2014年1月9日	2015年2月24日	
工程	回収工程	その他	回収工程	原料工程	
発災工程分類	熱交換器	排水槽	熱交換器	サイクロン	
事故発生概要	機器洗浄場において、ポリマー不活性化処置後の熱交換器を解体する作業で、チャンネルカバー内に堆積していたポリマーが着火した。	機器洗浄場において、熱交換器洗浄作業後のポリマー残渣含みの排水を受ける排水槽内で爆発、破損し、ピット上蓋(鉄製)が飛んだ。	水素精製設備の熱交換器を定期洗浄のため取外し、所定の洗浄場において前処理を実施の後、蓋を開けた際に爆発が発生。	塩化炉のサイクロン下部のバルブ付近から白煙が発生。ただちに塩化炉を停止した。停止操作中にサイクロンから出火していることを確認し、窒素投入して消火した。	
1	発災工程	熱交換器解体洗浄作業	排水槽中の洗浄物の堆積	熱交換器開放洗浄作業	通常運転中
	プロセス条件	熱交換器に付着・残留していたクロロシランポリマー類の大気中の水分による加水分解	熱交換器に付着・残留していたクロロシランポリマー類のアルカリによる急激な加水分解	熱交換器に堆積していたクロロシランポリマー類が加湿窒素で加水分解後に乾燥	漏洩した水素およびTCSへの着火
2	物質	クロロシランポリマー加水分解生成物	クロロシランポリマー加水分解生成物	クロロシランポリマー加水分解生成物	TCS 水素
	潜在エネルギー危険性	室温での加水分解による発火・爆発性の残留	アルカリによる加水分解による発火・爆発	クロロシランポリマー加水分解生成物	可燃性液体(気体)
3	保安事故分類	発火(火災)	爆発	爆発	発火(火災)
4	人的被害	3名負傷	なし	死亡5名、休業4名、不休業9名	なし
	物的被害	なし	なし	なし	該当サイクロン
	自社(従業員、パート)／派遣／協力会社の別	協力会社	なし	従業員13名、協力会社5名	なし
5	直接要因	クロロシランポリマー類の加水分解生成物の衝撃等による発火。	クロロシランポリマー類のアルカリによる加水分解における発火。	クロロシランポリマー類の加水分解生成物の衝撃等による発火・爆発。	サイクロン下部の内側が、シリコン粒子による摩耗で薄肉化し、ピンホールが開いた。ピンホールから吹き出したSi粒子に摩擦、衝突による静電気が帯電し、放電火花が発生し、水素に着火したと推定。
	間接要因	安全管理(マニュアル)安全教育危険性知識 チャンネルカバー内に堆積していたポリマーを水で処理をせずに長手袋で直接かき出した。	安全管理(マニュアル)安全教育危険性知識 ポリマー処理後の残渣の入っている槽内に廃NaOHを投入。残渣と廃NaOHとが急激に反応し、発生した水素ガスに何らかのショックで着火/爆発した。	安全管理(マニュアル)安全教育危険性知識 クロロシランポリマー類の加水分解生成物の発火・爆発危険性に関する知見不足。リスクアセスメントが不十分。作業手順の客観性・具体性の欠如。	安全管理(マニュアル) サイクロン缶体の肉厚管理の不備。
	安全対策	整備期間の見直し。乾燥したポリマーは危険性が高いため、水で十分湿らせた後に作業することを関係請負人に周知。作業者が手袋で直接ポリマーに触れることを禁止。ポリマーを除去する際は耐火性の頭巾を着用し、肌の露出を防ぐ。	廃NaOHを排水槽に入れない。(ポリマー残渣や酸とアルカリを一緒にしない)排水槽には蓋をせず、開放とする。(発生水素ガスが内部にたまらない構造にする)	熱交換器の開放作業専用の整備場の設置。作業標準の総点検およびリスクアセスメントの実施。安全管理者の職務の明確化等。	サイクロンの点検間隔を見直す。また、点検方法をそれまでのノギスによる肉厚測定から超音波肉厚測定器に変更。点検箇所を増やすとともにグラフ化し傾向管理を実施する。