

三菱マテリアル株式会社四日市工場高純度多結晶シリコン製造施設における 爆発火災事故調査委員会中間報告(要約版)

2014 年 4 月 3 日

事故調査委員会

三菱マテリアル(株)四日市工場における爆発火災事故の発生を受けて、事故原因の究明と再発防止対策検討のため、事故調査委員会(委員長:田村昌三東京大学名誉教授)が本年 1 月 17 日に設置された。3 月 28 日までの 4 回の委員会を経て、爆発火災事故発生に至る直接原因が解明され、再発防止対策に関する提言を策定したことから、中間報告として公表する。

1. 事故の概要と被害状況

2014 年 1 月 9 日 14 時 5 分頃、三菱マテリアル(株)四日市工場において、高純度多結晶シリコン製造工程の水素精製工程から取り外した水冷熱交換器の内部洗浄作業のため、熱交換器の上部チャンネルカバーを開放したところ爆発火災が発生し、死者 5 名、負傷者 13 名の人的被害と物的損害を伴う事故に至った。

2. 高純度多結晶シリコン製造工程における水冷熱交換器の位置づけ

高純度多結晶シリコン製造工程は、塩化、蒸留、反応、加工・仕上、水素精製の各工程から成る。水素精製工程では、反応工程から排出されたプロセスガスから水素及びクロロシラン類を分離、回収するため、ガス冷却用の水冷熱交換器が使用されているが、ガス冷却中に内部にクロロシランポリマー類が付着し、流路が縮小することにより機能低下を招くので、流量低下を監視し、機能低下時に洗浄作業が行われる。

(注)クロロシランポリマー類とは、シリコン原子 2 個以上が結合しているクロロシランポリマー及びそれらの混合物を称する。

3. 水冷熱交換器の開放洗浄作業と事故の発生状況

当該熱交換器は、昨年 11 月 27 日に製造ラインから切離して搬出され、開放洗浄の準備作業として、塩化水素と水素の発生を抑制するため、ドライ窒素ブロー及び加湿窒素ブローを行った。

その後、事故当日の午前中に下部チャンネルカバーの開放作業を実施し、午後から上部チャンネルカバーの開放に取りかかった。その開放数秒後に、爆発火災事故が発生した。

4. 爆発火災事故の直接原因の解析

(1) 熱交換器の開放時の残留物質の解析及び発火・爆発危険性

- ① 当該熱交換器内部等に残留した物質にはクロロシランポリマー類が存在していることが確認された。
- ② クロロシランポリマー類の加水分解生成物は単一組成の化合物ではなく、シリコン、水素、塩素、酸素の各元素からなる各種ポリマーの混合物と推定される。
- ③ クロロシランポリマー類は、爆発性はあるが、爆発威力は比較的小さく、TNT 比 3.4%程度である。
- ④ クロロシランポリマー類の加水分解生成物は、加水分解時の反応温度によって、TNT 比 で 0~30% の幅があることが確認され、反応温度が低いと爆発威力が大きくなる。
- ⑤ 加水分解生成物は、乾燥状態で加熱、衝撃を加えると容易に発火・爆発する。逆に、湿潤状態では、爆発感度が低下し、爆発しなくなる。

(2)爆発威力の調査及び爆発関与物質の推定

周辺設備の破損状況及び上部チャンネルカバーの飛翔等から推定した爆発威力が、クロロシランポリマー類の加水分解生成物の爆発エネルギー試算値と同等であったことから、爆発原因となった物質は、主としてクロロシランポリマー類の加水分解生成物と推定される。

なお、開放作業中に発生する水素の推定量から、水素はほとんど爆発に寄与していないと考えられる。

(3)事故原因の推定

- ①クロロシランポリマー類の低温での加水分解により、爆発威力が大きい物質が生成された。
- ②クロロシランポリマー類の加水分解生成物が、乾燥状態で爆発感度が高まり、水冷熱交換器上部チャンネルカバー開放時になんらかの発火源により爆発に至った。なお、可能性のある発火源は開放時の衝撃、または加水分解生成物の自然発火と考えられる。
- ③こうしたクロロシランポリマー類の加水分解生成物の発火・爆発の危険性や、その生成過程及びクロロシランポリマー類の適正な加湿処理条件について、十分かつ正確な公知の科学的情報がないこともあり、適切な安全対策について十分検討することができなかった。

5.再発防止対策に関する提言

(1)製造ラインから取外した熱交換器整備作業における再発防止対策の検討

事故原因の推定を踏まえ、クロロシランポリマー類が存在する工程について検証を行ったところ、同様の条件・状態となる工程は製造ラインに存在しないと考えられる。そこで、事故直接原因の再発防止対策として、熱交換器の開放方法等に焦点を当て、以下の検討を行う。

- ①湿潤(満水)状態を確保しながら加水分解を進め、同時に反応熱の制御と発生ガスの安全化処理を実施することを基本的な方法とし、今後は諸条件について具体化する。
- ②防護壁を備えた専用設備と遠隔操作での開放作業の実施を検討する。
- ③機器内のクロロシランポリマー類の堆積状態の把握による、適切な開放洗浄タイミングの基準化について検討する。

(2)工場の安全性を高めるためのリスク低減対策の検討(実施中のものを含む)

- ①リスクアセスメントの取組みを強化する。
- ②安全衛生マニュアル体系の改善と作業標準類の総点検を実施する。
- ③安全な作業維持のための社員、協力会社社員へ再教育を実施する。
- ④事故原因分析手法による危険要因の網羅的把握と対策を実施する。
- ⑤今後とも以上の取組みについて継続的に実施する。

(3)背景要因の検討と安全文化の醸成

今後、事故に至った背景要因について検討を行っていくが、同社が主体的に背景要因を分析し、安全文化の醸成に努めることを期待したい。

以上