

新金属産業における災害防止対策に関する  
行 動 計 画（平成26年度）

一般社団法人 新金属協会

# 新金属産業における災害防止対策に関する行動計画（平成 26 年度）

## 目 次

### I. はじめに ～新金属産業災害防止対策安全委員会の設置について～

- 1. 背景・経緯・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
- 2. 本行動計画の位置付け・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4

### II. 新金属産業災害防止対策安全委員会の活動

- 1. 災害防止に向けた基本情報のレビュー・・・・・・・・・・・・ 6
- 2. 事件事例およびヒヤリハット事例の整理・・・・・・・・・・・・ 10
- 3. 事例分析および整理の結果
  - (1) 三省庁要請別表の事件事例（クロロシランポリマー類等が堆積する工程）の  
分析結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 14
  - (2) 「クロロシランポリマー類等が堆積するおそれがある工程」の分析結果・・・・ 18
  - (3) クロロシランポリマー類等の堆積する工程に関するリスクの整理・・・・・・・・ 23
  - (4) シリコンウェーハ製造工程における類似物質の取扱い・・・・・・・・・・・・ 26
- 4. 事業者としての取組み・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 29

### III. 新金属協会の今後の取組み

- 1. 新金属産業災害防止対策安全委員会の継続・・・・・・・・・・・・ 34
- 2. 新金属協会の安全に係る活動・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 35
  - (1) 事故情報（教訓）・安全対策・安全情報の共有
  - (2) 教育訓練の支援
  - (3) 安全文化向上に向けた取組み
  - (4) 経営トップ等に対する意識向上に向けた取組み
- 3. その他・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 36
  - (1) 行動計画の進め方
  - (2) フォローアップ調査への対応
  - (3) 外部評価およびPDCAサイクルによる改善
  - (4) 本行動計画の取扱い

### 【参考資料】

- 参考資料 1. 高純度多結晶シリコン製造施設爆発火災事故調査報告
- 参考資料 2. 化学物質を取り扱うプラントの安全化

## 新金属産業における災害防止対策に関する行動計画（平成 26 年度）

平成 27 年 3 月 4 日  
一般社団法人 新金属協会

### I. はじめに ～新金属産業災害防止対策安全委員会の設置について～

#### 1. 背景・経緯

平成 26 年 1 月 9 日、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施設の工程から取り外した熱交換器の開放洗浄作業中に爆発火災事故（以下、「本事故」という。）が発生した。

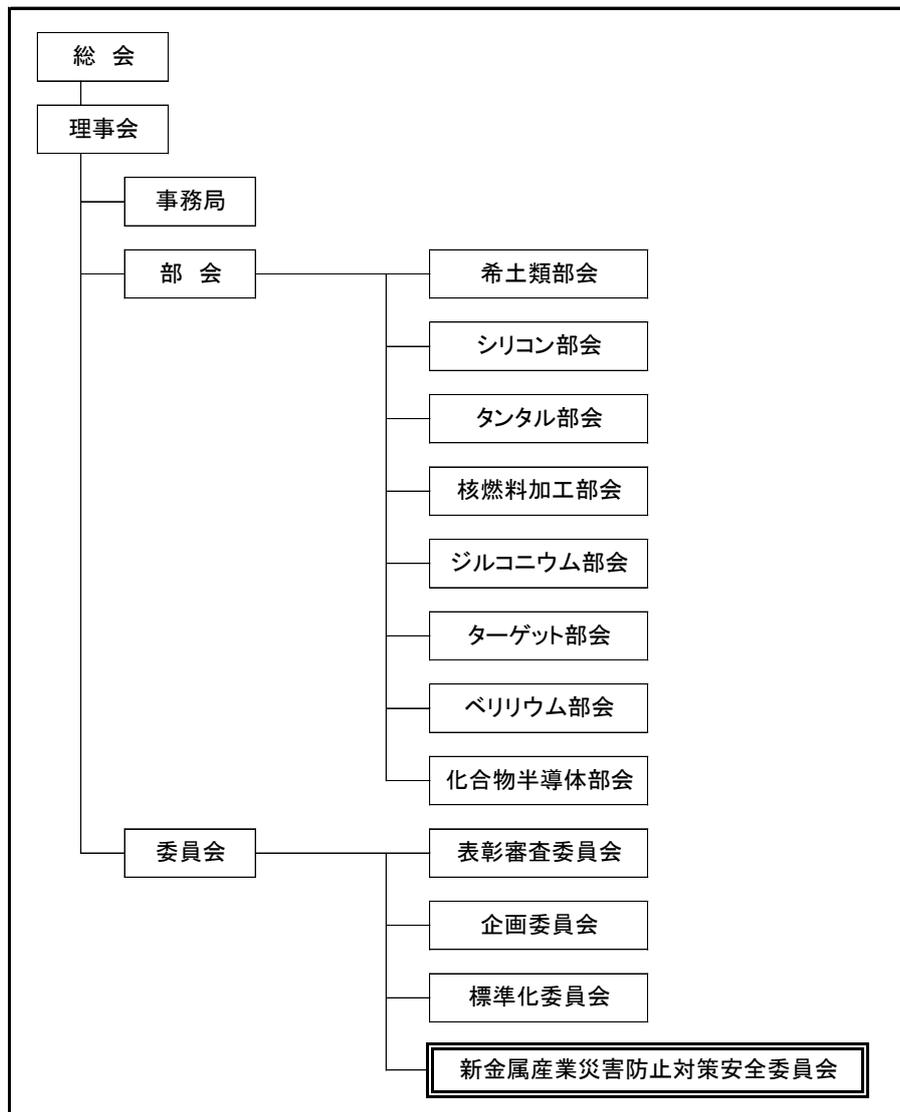
本事故の発生を受けて、同年 1 月 28 日に危険物保安技術協会は、同種の事故防止のために講ずべき安全方策を取りまとめることを目的に「危険物施設の保守・点検時の事故防止に係る検討会」を設置し、3 回にわたる検討会を経て、同年 7 月 30 日に保守・点検時の事故防止に関するガイドラインを構成内容とする検討報告書を公表した。

一方、石油コンビナート等における重大事故が続いている状況を踏まえ、平成 26 年 2 月 20 日に内閣官房の主導により、総務省消防庁、厚生労働省および経済産業省（以下、「三省庁」という。）が参加して「石油コンビナート等における災害防止対策検討関係省庁連絡会議」を設置し、重大な産業事故災害の防止に向けた検討を行い、同年 5 月 16 日に重大事故の原因・背景に係る共通点、並びに重大事故の発生防止に向けて事業者や業界団体が取り組む対策等について取りまとめた報告書（以下、「三省庁報告書」という。）を公表した。

また、三省庁は当協会を含む関係業界団体に対して、同日付「石油コンビナート等における災害防止対策の推進について（要請）」により、災害防止に向け取り組む内容をまとめた行動計画の策定等を要請し、さらに、同年 6 月 12 日に三菱マテリアル（株）四日市工場爆発火災事故調査委員会からの最終報告書が公表された後、同年 6 月 26 日付で、当協会に対して「三菱マテリアル（株）四日市工場爆発事故を踏まえた保守・点検時等の事故防止に係る行動計画の策定について（要請）」（以下、この要請を「三省庁要請」という。）が発出され、当協会は、本事故の当該業界事業者が属する業界団体として、行動計画の策定に際し、本事故の直接原因物質であるクロロシランポリマー類等および非定常作業時等の予期せぬ危険な反応等について留意するよう要請された。

当協会は、新金属関連の異業種8部会に分かれて活動を行っており、単一業種の業界団体と異なり、安全に関する特定の活動主体を有しておらず、これまで業界団体として、安全分野の積極的な施策、検討等への取組みは行っていなかったが、本事故の重大性、並びに業界団体としての災害防止活動の必要性を鑑み、当協会内の安全に関する横断的組織として、新たに「新金属産業災害防止対策安全委員会」（以下、「本委員会」という。）を発足し、三省庁要請への具体的対応を図ることとした。本委員会発足後の当協会の組織図は〔図1-1〕に示すとおりである。

〔図1-1〕 新金属協会 組織図



本委員会は既存 8 部会と同じく、当協会定款第 46 条に則った協会組織として設置したものであり、構成は以下のとおりである。(順不同、敬称略)

委員長	田村 昌三	東京大学名誉教授	
委員	西川 恒明	株式会社大阪チタニウムテクノロジーズ 常務取締役	
	松永 省三	株式会社大阪チタニウムテクノロジーズ ポリシリコン技術グループ 参事	
	長島 悦朗	株式会社トクヤマ CSR推進室 RC推進グループリーダー	
	藤井 賢治	株式会社トクヤマ CSR推進室 RC推進グループ主席	
	猿渡 暢也	三菱マテリアル株式会社 電子材料事業カンパニー プレジデント補佐	
	佐藤 洋司	三菱マテリアル株式会社 電子材料事業カンパニー 企画管理部 部長補佐	
	オブザーバー	春山 豊	一般社団法人日本化学工業協会 常務理事 環境安全部長
		八木 伊知郎	一般社団法人日本化学工業協会 環境安全部 部長
		横井 英雄	阿南化成株式会社 副社長
		武田 周一	グローバルアドバンストメタルジャパン株式会社 会津工場 環境保安部長
		天野 政浩	グローバルウェーハズ・ジャパン株式会社 新潟工場生産支援グループ 兼管理部安全衛生・環境グループ グループ長
		藤井 久雄	原子燃料工業株式会社 人事総務部 兼品質・安全管理室 技師
		中村 英次	株式会社三徳 理事 三木工場長 技術部部长
	赤瀬 文彰	J X日鉱日石金属株式会社 電材加工事業本部 技術部 主任技師	
	喜多村 忍	昭和電工株式会社 秩父事業所 環境安全グループリーダー	
	茂木 均之	信越半導体株式会社 環境安全部 部長	
	野尻 敬午	日本ガイシ株式会社 金属事業部 生産技術部部长	
事務局	織山 純	一般社団法人新金属協会 専務理事	
	今井 康弘	一般社団法人新金属協会 業務部長	

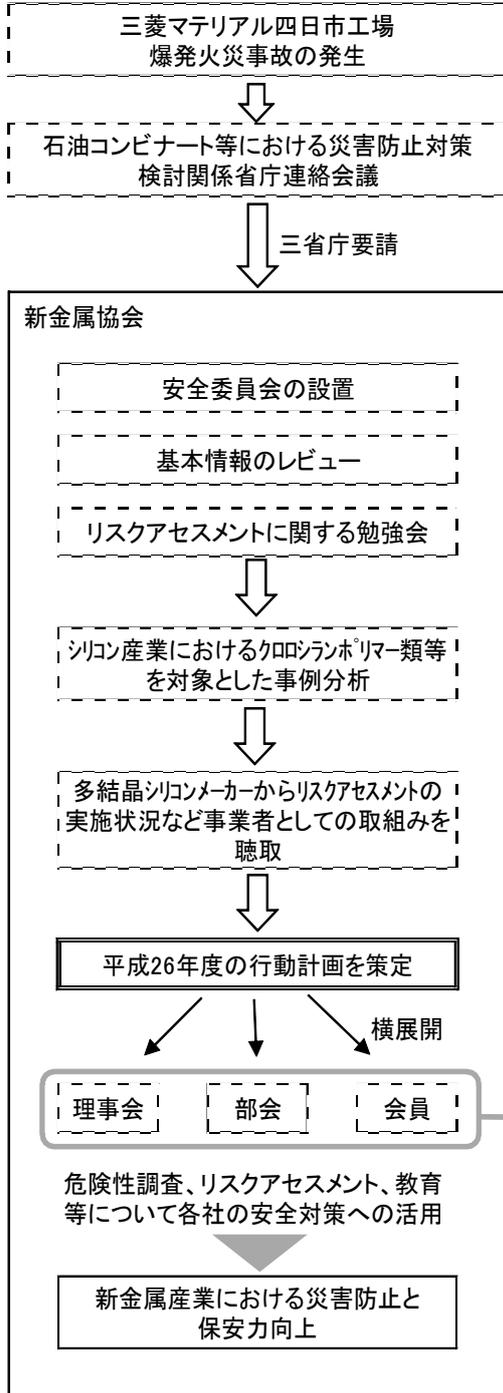
## 2. 本行動計画の位置付け

本委員会は、これまで約6ヵ月間にわたり、計3回の委員会と1回の勉強会を開催し、基本情報のレビュー、リスクアセスメントに関する勉強会、事故・ヒヤリハット事例の分析、並びに今後の当協会が取り組むべき安全活動等について検討を進めてきた。これまでの当協会の災害防止に向けた取り組みおよび今後の活動内容を取りまとめ、この度、「行動計画（平成26年度）」（以下、「本行動計画」という。）として公表するものである。

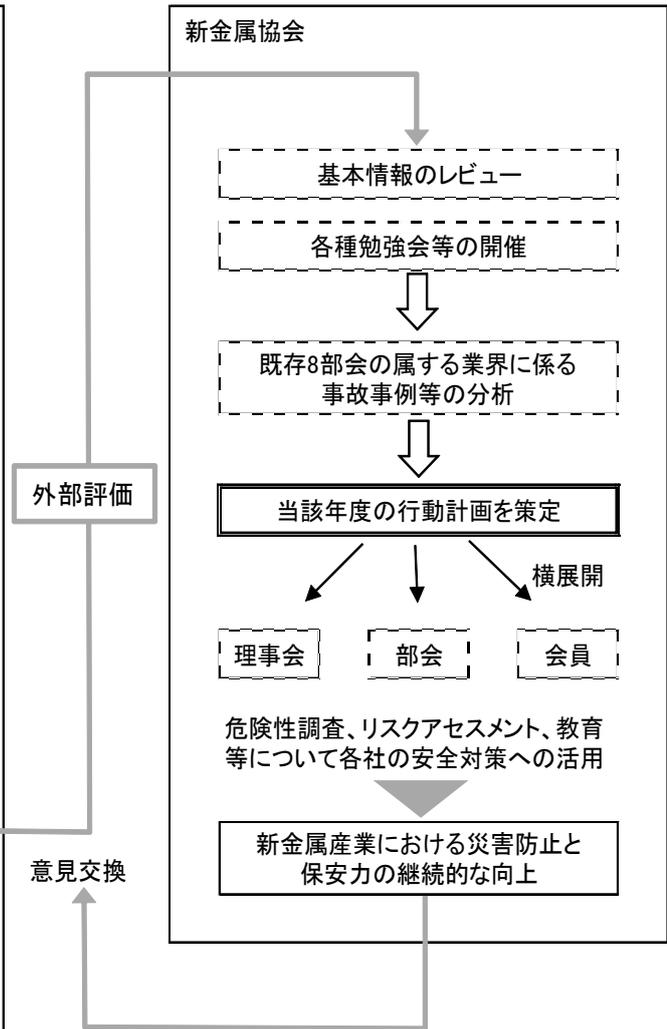
本行動計画における事故・ヒヤリハット事例の分析については、三省庁要請に係る留意事項を踏まえ、本事故の当該事業の業界団体として、シリコン産業におけるクロロシランポリマー類等およびその類似物質を対象として行った。新金属産業全体の危険物質を網羅するものではないが、本行動計画を策定する過程において実施した、物質の危険性調査に関するアプローチ、リスクアセスメント、並びに事例分析の手法等について、当協会の理事会、部会・委員会および会員企業へ横展開することにより、各業界、企業、現場における災害防止活動への応用を促すこととする。

本委員会は恒久組織として存続し、安全に関する当協会内の“横串”機能を担うこととする。今後の本委員会の活動範囲については、新金属産業全体の教育、保安力の強化、並びに安全文化の醸成等に繋がる有意義なものとなるよう広範囲な課題・テーマを対象に検討する。また、本委員会の活動実績・計画については、当協会内での意見交換や外部評価を取り入れ、PDCAサイクルの要領で継続的な改善を図ることとし、毎年度、こうした改善点や見直しを反映した当該年度分の行動計画を策定する。

■平成26年度行動計画の検討フロー



■平成27年度以降の行動計画の検討フロー



## II. 新金属産業災害防止対策安全委員会の活動

### 1. 災害防止に向けた基本情報のレビュー

本委員会では、本行動計画の策定にあたって必要な基本情報のレビューを行った。即ち、三省庁要請の契機となった本事故について、同要請の留意事項にある直接原因物質、その取り扱い工程、並びに非常作業等に係る理解を深めるため、本事故全般に係るレビューを行い、また、他の業界団体の保安事故防止に係る取り組み事例として（一社）日本化学工業協会の「保安事故ガイドライン」に関する勉強会、および同類事故の再発防止対策のベースとなるリスクアセスメントに関する勉強会を開催した。概要は以下のとおりである。

本委員会では、これらのレビューを行うことにより、必要な情報、保安およびリスクアセスメントに関する知識・知見を共有することができ、本委員会において議論すべき事項が明らかになると共に、行動計画策定の方針または方向性が整った。

#### (1) 三菱マテリアル（株）四日市工場爆発火災事故のレビュー

##### 【三菱マテリアル（株）からの報告】

- ①日時 平成 26 年 9 月 5 日（金） 14:20～15:00
  - ②場所 レストラン立山D会議室
  - ③題名 高純度多結晶シリコン製造施設爆発火災事故調査報告
  - ④説明者 三菱マテリアル株式会社 電子材料事業カンパニー プレジデント補佐  
宮原 弘法
  - ⑤概要 本事故の発生状況、原因物質調査、事故要因分析、並びに再発防止対策について説明がなされた。
    - ・三菱マテリアル（株）四日市工場の概要
    - ・プロセスと発災設備について
    - ・事故の発生状況について
    - ・爆発の原因調査について
    - ・事故要因分析について
    - ・再発防止対策について
- ※当日の配布資料は添付「参考資料 1」のとおり。

##### 【本事故の事故調査委員会による調査報告書】

本事故の事故調査委員会による調査報告書は平成 26 年 6 月 12 日に公表された。この中で、本事故の直接原因および間接要因、並びにこれらに対する再発防止対策について以下のとおり述べられている。

### 【直接原因】

熱交換器の爆発火災の直接原因は次のとおり特定された。

- (1) クロロシランポリマー類の低温での加水分解により、爆発威力が大きく爆発感度が高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、乾燥状態で爆発威力および爆発感度が増し、熱交換器チャンネルカバー開放時になんらかの衝撃が発火源となり爆発に至った。
- (3) こうしたクロロシランポリマー類加水分解生成物の発火・爆発危険性や、その生成過程およ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。

### 【間接要因】

直接原因以外の問題点を間接要因として抽出した。

#### (1) リスクアセスメント

直接原因物質である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が不足していたことから、管理上の問題点としてクロロシランポリマー類に関するリスクアセスメントが不十分であったことが挙げられる。

#### (2) 熱交換器の安全管理

当該熱交換器内にはクロロシランポリマー類の堆積による閉塞はなかったことを確認しているため、事故との因果関係は認められないが、熱交換器の管理方法について改善が必要である。

#### (3) 作業標準類

直接原因物質に関する知見が不足していたことの結果として、作業標準類にその発火・爆発危険性が十分に反映されていなかった。また、このほか、記載内容について客観性・具体性が欠ける、作業者の経験則に依存するものがあるといった不備が認められた。

#### (4) 教育等

直接原因物質に関する知見が不足していたことの結果として、教育等においてもその発火・爆発危険性が十分に反映されていなかった。また、このほか、作業者への教育やルール順守状況の確認等に不十分な点があった。

### 【再発防止対策の提言】

#### (1) 熱交換器整備作業における発災に対する再発防止対策の検討

- ・ 熱交換器の開放および洗浄方法
- ・ 熱交換器の開放および洗浄施設

#### (2) 安全管理の強化

- ・ ハザード抽出とリスクアセスメントによるリスクの低減化
  - FTA 解析によるハザード要因のチェックリスト作成と対応

- 物質、設備および作業のリスクアセスメントの実施
- 類似危険物質の取り扱いに関わる残存リスクの低減
- ・安全衛生マニュアル体系、作業標準類の改善
  - 作業標準類の必須記載事項
  - 危険の大きさ（影響度）による作業標準類のレベル分け、リスクアセスメント手順の見直し
  - 作業標準類の総点検
  - 安全管理者の職務
  - ヒヤリハット等のフォローアップ
  - 是正措置のフォローアップ体制
- ・再教育
- ・PDCAによる継続的安全管理の強化
- (3) 背景要因の検討と安全文化の醸成
  - ・背景要因の検討
    - 体系的な教育が不足している。
    - 技術伝承が十分行われていない。
    - 危険への感性が低い。
    - 外の風が入らず「井の中の蛙」状態である。
  - ・背景要因への対策
    - 体系的な教育の仕組みやカリキュラムの整備
    - プロセス技術専門部署の設置、本社と工場との連携、外部機関等との連携による安全基盤の強化
    - 工場内組織の見直しによる安全管理機能の強化
    - 継続的改善を行う体制の確立
  - ・背景要因対策の実施体制

(2) 日本化学工業協会「保安事故防止ガイドライン」に関する勉強会

- ①日時 平成26年9月5日（金）15:00～15:30
- ②場所 レストラン立山D会議室
- ③題名 保安事故防止ガイドラインについて（保安事故防止への取り組み）
- ④講師 一般社団法人日本化学工業協会 常務理事 春山 豊
- ⑤概要 化学業界で発生した3件の事故事例を基に、共通項の整理等の分析を加え取りまとめられた同協会のガイドラインについて説明がなされた。このほかに、同協会の保安事故防止に関する取り組みについても紹介された。
  - ・「保安事故ガイドライン」の活用について  
（特徴、構成、内容、活用方法）

- ・ 取り進めスケジュール
- ・ 教育資料としての活用について
- ・ 保安防災・労働安全ベストプラクティス集

(3) リスクアセスメントに関する勉強会

- ①日時 平成 26 年 9 月 17 日 (水) 15:00～17:00
- ②場所 レストラン立山D会議室
- ③題名 化学物質を取り扱うプラントの安全化
- ④講師 東京大学名誉教授 田村 昌三
- ⑤概要 化学プロセスに関するリスクアセスメントおよびリスクマネジメント手法、化学物質の潜在エネルギー危険性の評価方法等、並びに現場保安力の強化について講演された。

- ・ 最近の産業安全問題と背景
- ・ 化学プラントの安全化に向けて
- ・ 化学プロセス安全の基本  
(リスクアセスメント、潜在エネルギー危険性評価)
- ・ 化学プラントの安全環境の醸成  
(安全文化を考慮した産業安全、現場力の強化)

※当日の配布資料は添付「参考資料2」のとおり。

## 2. 事件事例およびヒヤリハット事例の整理

三省庁要請では、当協会における行動計画の策定にあたって、次の事項に留意するよう述べられている。

### 1 クロロシランポリマー類等が堆積する工程がある場合の留意事項

クロロシランポリマー類は、可燃性ではあるが、爆発威力は小さい。一方、低温での加水分解により生成していたクロロシランポリマー類の加水分解生成物の発火・爆発危険性は、クロロシランポリマー類と比較して、摩擦感度及び静電気火花感度は同様に低いが、熱感度や打撃感度が高く、爆発威力はきわめて大きいという性状を有していることが明らかになった。このため、これらの取扱いに当たっては、以下の措置を講ずることが必要である。

- (1) 十分なリスクアセスメントによる安全対策
- (2) 設計段階における安全対策
- (3) 非定常作業時のリスクアセスメント及び対策
- (4) 安全対策の周知・教育
- (5) ヒヤリハット事例の共有

### 2 非定常作業時等に予期せぬ危険な反応等により事故の発生のおそれがある場合の留意事項

クロロシランポリマー類等以外の物質の取扱いにおいても、今回の事故に見られるように、副生成物等の危険性やその反応過程が十分に把握されていない場合、当該副生成物を取り扱う非定常作業等に伴うリスクを適切に評価することができなくなり、事故が発生する可能性がある。この種の事故を防止するため、以下の事項に留意することが必要である。

- (1) 反応、精製過程等において未反応物や副生成物等が残渣として付着した装置や配管等を取り扱う作業における事故の防止
- (2) ヒヤリハット事例等の分析、共有による事故の防止
- (3) その他

平成 26 年 6 月 26 日付「三菱マテリアル（株）四日市工場爆発火災事故を踏まえた保守・点検時等の事故防止に係る行動計画の策定について（要請）」より抜粋

さらに、「1（1）」に関しては、三省庁要請に別表として付されている事件事例（ヒヤリハット事例を含む）を参考とした上で、リスクアセスメントを行い、安全対策を講じることと述べられていることから、本委員会においては、爆発火災による災害を対象として、安全対策をより効果的な内容とするため、これら事件事例だけでなく、クロロシランポリマー類に関連して想定される事件事例を加え分析を実施した。具体的には、事例の内容について工程別に分類し、プロセス条件、原因物質の潜在エネル

ギー危険性、被害規模、並びに直接・間接要因等について「掘り下げ」を行い、クロロシランポリマー類の取り扱いにあたり、潜在するリスクの整理を行ったものである。

(1) 分析対象となる事例

本行動計画においては以下の事例を分析の対象とした。

- ① 三省庁要請別表の事故・ヒヤリハット事例  
(クロロシランポリマー類等が堆積する工程がある場合)
- ② クロロシランポリマー類等が堆積するおそれがある工程 (想定)
- ③ シリコンウェーハ製造工程における類似物質の取扱い (想定)

本委員会委員会社の多結晶シリコン製造施設で過去 10 年間に発生した事故等 (※) は 47 件であり、このうちクロロシランポリマー類を原因物質とする事故等は 4 件であった。本委員会委員会社は三省庁に対して、この 4 件のほかヒヤリハット事例 4 件を加えた 8 件を報告した。(三省庁要請別表)

(※) 労働者災害補償保険法、高圧ガス保安法、消防法および石油コンビナート等災害防止法に基づき、所管官庁等へ報告した事故、災害および異常現象等。

事故等の原因別内訳

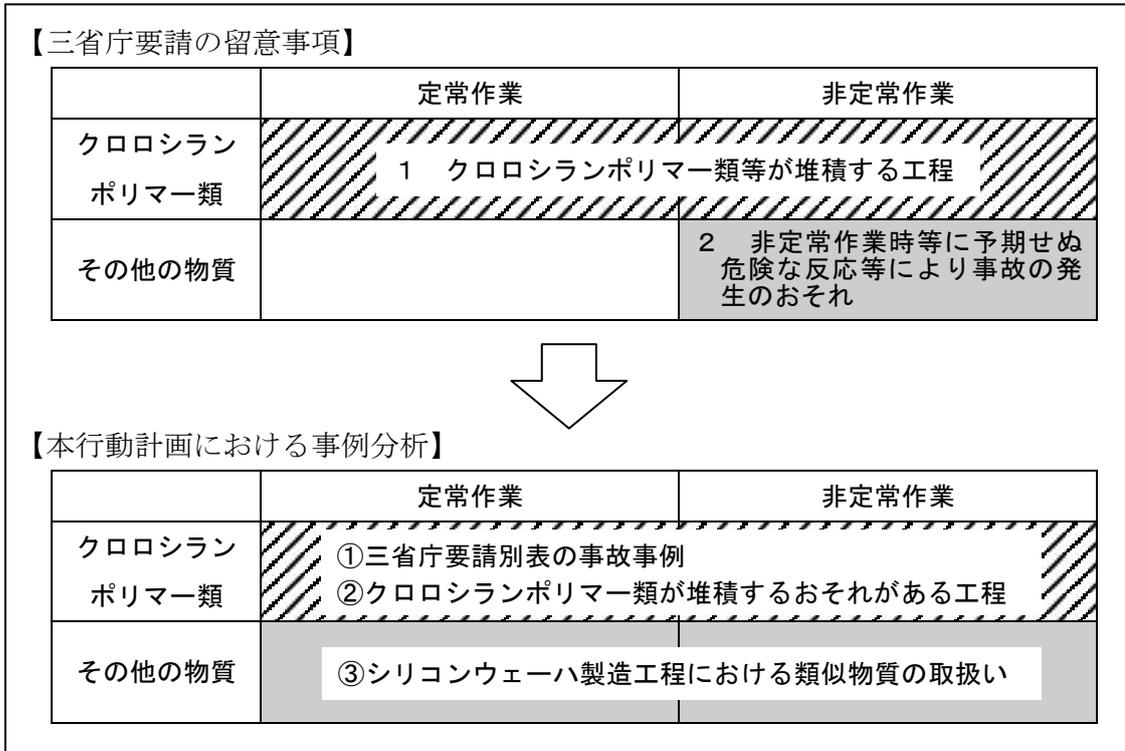
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">クロロシランポリマー類の事故事例</td> <td style="border-bottom: 1px solid black; text-align: right;">4件</td> </tr> <tr> <td>トリクロロシラン、四塩化ケイ素</td> <td style="text-align: right;">14件</td> </tr> <tr> <td>原料関係(塩酸等)</td> <td style="text-align: right;">7件</td> </tr> <tr> <td>動作関係(打撲、切創等)</td> <td style="text-align: right;">22件</td> </tr> <tr> <td style="border-top: 1px solid black;">計)</td> <td style="border-top: 1px solid black; text-align: right;">47件</td> </tr> </table>	クロロシランポリマー類の事故事例	4件	トリクロロシラン、四塩化ケイ素	14件	原料関係(塩酸等)	7件	動作関係(打撲、切創等)	22件	計)	47件	+	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">クロロシランポリマー類のヒヤリハット事例</td> <td style="border-bottom: 1px solid black; text-align: right;">4件</td> </tr> </table>	クロロシランポリマー類のヒヤリハット事例	4件	→	三省庁要請別表へ
クロロシランポリマー類の事故事例	4件															
トリクロロシラン、四塩化ケイ素	14件															
原料関係(塩酸等)	7件															
動作関係(打撲、切創等)	22件															
計)	47件															
クロロシランポリマー類のヒヤリハット事例	4件															

①については、事例 11 件の中から当委員会委員会社の事例 8 件を抽出したものである。

②については、クロロシランポリマー類のハザードをより広範囲に抽出することを目的に、事故・ヒヤリハットは発生していないものの、クロロシランポリマー類の取り扱いにおいて、事故・ヒヤリハットの発生防止の点から留意すべき工程および作業等を想定したものである。

③については、三省庁要請の趣旨を踏まえ、クロロシランポリマー類以外の物質として、シリコンウェーハ製造工程における類似物質の取り扱いを事例として取り上げたものである。

三省庁要請の留意事項と、本事例分析の対応関係は下図に示すとおりである。



なお、本事例分析においては、「定常作業」と「非定常作業」を以下のとおり定義付けし、区分している。

区 分	定 義	作業・工程例
定常作業	製品製造のために日常・反復的に行われる作業で、製造プロセスラインに繋がっている状態（オンライン）にあるもの。	蒸留工程のサンプリング、反応工程の開放等
非定常作業	保守点検や洗浄など、日常的に行われることが少なく不定期に行われる作業で、製造プロセスラインから切り離された状態（オフライン）にあるもの。	回収工程の熱交換器 洗浄作業等

## (2) 分析内容

事件事例の内容について、事故発生概要と安全対策のほか、以下の項目ごとに情報を収集し整理を行った。

- ・ 発災工程、プロセス条件
- ・ 物質、潜在エネルギー危険性
- ・ 事故の種類
- ・ 人的被害、物的被害
- ・ 直接要因、間接要因

## (3) 分析方法

分析対象事例の①と②については、本委員会の委員である多結晶シリコンメーカー3社が自ら当該事例に関する情報を収集した。分析対象事例の③については、当協会シリコン部会に調査および情報収集を依頼した。

本事例分析は、クロロシランポリマー類および類似物質に関する潜在リスクを工程・作業別に明らかにし、取扱い上の留意事項および効果的な対策を示すことにより、会員企業をはじめ関係企業による安全対策の策定・実施に資することを目的とするものである。本委員会では、この観点に立ち、収集した情報を集約の上、情報の分析、整理を行い、次項のとおり取りまとめた。

なお、クロロシランポリマー類については、前述の事故調査委員会の調査報告書のとおり、本事故が低温での加水分解と乾燥状態におかれたことにより爆発威力および爆発感度が増したものであることを踏まえ、あらためてクロロシランポリマー類の発火・爆発危険性の分析を行ったものである。

### 3. 事例分析および整理の結果

(1) 三省庁要請別表の事故事例（クロロシランポリマー類等が堆積する工程）の分析結果

抽出した8事例について、工程プロセス順に並び替え分析を実施した。分析結果を以下に示す。

#### 【事例1】

発災工程分類		蒸留
事故発生概要		サンプリング作業後、ノズルや床の残渣物が発火した。
1	発災工程	蒸留工程
	プロセス条件	ノズルや床に落ちたクロロシランポリマー類が大気中の水分により加水分解された。
2	物質	クロロシランポリマー類加水分解生成物
	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
3	事故の種類	発火
4	人的被害	なし
	物的被害	なし
5	直接要因	クロロシランポリマー類加水分解生成物が衝撃等により発火した。
	間接要因	サンプリング作業に関するリスクアセスメントが不十分であり、残渣物取扱いの安全対策が不十分であった。
安全対策		サンプリングノズルは水を入れた容器に入れ、こぼれたクロロシランポリマー類は濡れたウエスで拭き取る。

#### 【事例2】

発災工程分類		その他
事故発生概要		ダクトホースおよび接続管等の内部の堆積物が発火した。
1	発災工程	蒸留工程
	プロセス条件	スクラバーダクトホース内に付着・堆積したクロロシランポリマー類が大気中の水分により加水分解された。
2	物質	クロロシランポリマー類加水分解生成物
	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
3	事故の種類	発火
4	人的被害	なし
	物的被害	ダクトホース内の軽微な焦げ

5	直接要因	クロロシランポリマー類加水分解生成物が堆積し、衝撃等により発火した。
	間接要因	クロロシランポリマー類の堆積するダクトホースに関するリスクアセスメントが不十分であり、安全管理が不十分であった。
安全対策		ダクトホース等の洗浄は頻度を定めて行う。

### 【事例3】

発災工程分類		その他
事故発生概要		配管残液トリクロロシラン除外作業中に吸引ホース内に固着しているシリカ類にトリクロロシランが吸着し、静電気で発火して、吸引ダクト内に残留していた水素に着火、燃焼してダクトが破裂した。
1	発災工程	蒸留工程
	プロセス条件	水素ガスを窒素ガスに置換する作業を実施した。(結果として不十分)
2	物質	トリクロロシランガス、水素ガス
	潜在エネルギー危険性	トリクロロシランガス、水素ガスの可燃性
3	事故の種類	破裂
4	人的被害	なし
	物的被害	排ガス吸引ダクト(塩ビ) 150mmφ×20m 破損。
5	直接要因	トリクロロシラン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、燃焼した。
	間接要因	配管が長く(約70m)、窒素への置換が不十分であった。
安全対策		①静電気を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、固着物の除去を行う。 ③装置内の水素を窒素に置換する手順を改善する。

### 【事例4】

発災工程分類		反応炉
事故発生概要		炉内に残っていたクロロシランポリマー類加水分解生成物が洗浄作業時に発熱又は衝撃で発火した。
1	発災工程	反応工程
	プロセス条件	炉内に付着・堆積したクロロシランポリマー類の大気中の水分により加水分解された。

2	物質	クロロシランポリマー類加水分解生成物
	潜在エネルギー危険性	部分的な低温での加水分解による発火・爆発性
3	事故の種類	発火
4	人的被害	腕の一部が赤くなる程度の軽微な火傷
	物的被害	なし
5	直接要因	クロロシランポリマー類加水分解生成物の衝撃等による発火
	間接要因	クロロシランポリマー類加水分解生成物の発火・爆発危険性に関する知見が不足し、加水分解などの安全対策が不十分であった。
安全対策		①高温にて加水分解を行う。 ②炉内作業前に十分に湿潤させ、湿潤させた状態で作業を行う。

### 【事例5】

発災工程分類		反応炉
事故発生概要		排気ダクトホース内に付着・堆積したクロロシランポリマー類が発火した。
1	発災工程	反応工程
	プロセス条件	排気ダクトホース内に付着・堆積したクロロシランポリマー類が大気中の水分により加水分解された。
2	物質	クロロシランポリマー類加水分解生成物
	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
3	事故の種類	発火
4	人的被害	なし
	物的被害	ダクトホース内の軽微な焦げ
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
	間接要因	クロロシランポリマー類の堆積するダクトホースに関するリスクアセスメントが不十分であり、安全管理が不十分であった。
安全対策		堆積物を頻繁に洗浄若しくは清掃する。

### 【事例6】

発災工程分類		小型炉
事故発生概要		サンプルの取り出し時に、チャンバー内でクロロシランポリマー類が発火した。
1	発災工程	小型炉工程
	プロセス条件	チャンバー内壁に付着・堆積したクロロシランポリマー類が大

		気中の水分により加水分解された。
2	物質	クロロシランポリマー類加水分解生成物
	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
3	事故の種類	発火
4	人的被害	なし
	物的被害	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
	間接要因	小型炉開放に関するリスクアセスメントが不十分であり、チャンバー内堆積物取扱い等の安全対策が不十分であった。
安全対策		チャンバー内の洗浄は頻度を定めて行う。

### 【事例7】

発災工程分類		解体作業
事故発生概要		解体作業に伴うフランジ面及びバルブ清掃の際に発火した。
1	発災工程	熱交換器開放・洗浄工程
	プロセス条件	フランジ面やバルブ内部に付着・堆積したクロロシランポリマー類が大気中の水分により加水分解された。
2	物質	クロロシランポリマー類加水分解生成物
	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
3	事故の種類	発火
4	人的被害	手首内側に火傷
	物的被害	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
	間接要因	熱交換器開放に関するリスクアセスメントが不十分であり、解体作業における加水分解などの安全対策が不十分であった。
安全対策		湿潤状態にした上で、濡れたウエスで堆積物を除去する。

### 【事例8】

発災工程分類		開放洗浄作業
事故発生概要		開放機器内の残渣物が、作業の摩擦によって発火した。
1	発災工程	実験設備 熱交換器洗浄工程
	プロセス条件	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。
2	物質	クロロシランポリマー類及びその加水分解生成物

	潜在エネルギー危険性	大気中の水分での加水分解による発火・爆発性と、表面乾燥による感度および威力の増大
3	事故の種類	発火（瞬時）
4	人的被害	火傷2名
	物的被害	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への衝撃
	間接要因	クロロシランポリマー類が発生・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。
安全対策		開放作業前に高温蒸気で十分に処理し、ガス検とドレン水 pH 測定で判断する。

- (2) 「クロロシランポリマー類等が堆積するおそれがある工程」の分析結果  
想定リスクとして事例9件を抽出し分析を実施した。分析結果を以下に示す。

【事例9】

発災工程分類		解体作業
事故発生概要		クロロシランポリマー類が付着・堆積した配管を外して放置すると発火する。
1	発災工程	蒸留工程
	プロセス条件	配管内部に付着・堆積したクロロシランポリマー類が大気中の水分で加水分解する。
2	物質	クロロシランポリマー類加水分解生成物
	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
3	事故の種類	発火・爆発
4	人的被害	—
	物的被害	—
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
	間接要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リスクアセスメントが不十分。</li> <li>・加水分解等の安全対策が不十分。</li> </ul>
安全対策		外した配管は速やかにシート等で養生する。すぐに水に漬ける。

【事例10】

発災工程分類		反応炉
事故発生概要		洗浄後のチャンバー内に残った残渣物を拭き取る際に発火する。
1	発災工程	反応工程
	プロセス条件	洗浄で除去できなかったクロロシランポリマー類が水で加水分解後に乾燥される。
2	物質	クロロシランポリマー類加水分解生成物
	潜在エネルギー危険性	加水分解による発火・爆発性と、乾燥による感度および威力の増大
3	事故の種類	発火
4	人的被害	—
	物的被害	—
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
	間接要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ リスクアセスメントが不十分。</li> <li>・ 残渣物の取扱い等の安全対策が不十分。</li> </ul>
安全対策		炉内の残渣物は湿潤させた状態で除去する。

【事例11】

発災工程分類		反応炉
事故発生概要		シリコン製品取り出し時に重量物が炉底板に落ちると発火する。
1	発災工程	反応工程
	プロセス条件	炉底板に残留したクロロシランポリマー類が大気中の水分で加水分解される。
2	物質	クロロシランポリマー類加水分解生成物
	潜在エネルギー危険性	加水分解による発火・爆発性
3	事故の種類	発火
4	人的被害	—
	物的被害	—
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
	間接要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ リスクアセスメントが不十分。</li> <li>・ 加水分解等の安全対策が不十分。</li> </ul>
安全対策		<p>①高温にて加水分解を行う。</p> <p>②炉上作業前に十分に湿潤させ、湿潤させた状態で作業を行う。</p>

【事例 1 2】

発災工程分類		反応炉
事故発生概要		炉底板の残渣物を清掃・除去中に衝撃や摩擦で発火する。
1	発災工程	反応工程
	プロセス条件	炉底板に残留したクロロシランポリマー類が大気中の水分で加水分解される。
2	物質	クロロシランポリマー類加水分解生成物
	潜在エネルギー危険性	加水分解による発火・爆発性
3	事故の種類	発火
4	人的被害	—
	物的被害	—
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
	間接要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ リスクアセスメントが不十分。</li> <li>・ 加水分解等の安全対策が不十分。</li> </ul>
安全対策		炉上作業前に十分に湿潤させ、湿潤させた状態で作業を行う。

【事例 1 3】

発災工程分類		還元炉下整備作業
事故発生概要		還元炉反応中に S i ロッドの倒壊、炉内へ漏洩した冷却水によりシリカが多量に発生して炉下の排ガス配管及び排ガス配管の集合ヘッダーを閉塞させる。排ガスヘッダー内に堆積していたクロロシランポリマー類の加水分解物が燃焼する。
1	発災工程	還元工程
	プロセス条件	<p>①還元炉排ガス配管および集合ヘッダーを窒素置換後に大気開放した状態。</p> <p>②配管およびヘッダー内の塩化物は部分的に加水分解された状態。</p>
2	物質	クロロシランポリマー類の加水分解生成物
	潜在エネルギー危険性	加水分解による発火・爆発性
3	事故の種類	燃焼
4	人的被害	—
	物的被害	—
5	直接要因	クロロシランポリマー類の加水分解生成物が整備作業の衝撃により着火

	間接要因	堆積していたクロロシランポリマー類が、安定な化合物にまで完全に分解されず発火性を有する。
安全対策		①還元反応の毎Bt終了後に排ガス配管及び排ガス配管集合ヘッダーに残留しているクロロシランポリマー類を四塩化ケイ素で洗浄除去する。(経時的な堆積を防止し、健全性を維持する) ②整備作業前、排ガス配管及び集合ヘッダーを完全に水没し、加水分解を完了させる。(pHが中性になるまで繰り返す)

#### 【事例14】

発災工程分類		小型炉
事故発生概要		チャンバーを底板に載せた後に無理にずらすと発火する。
1	発災工程	小型炉工程
	プロセス条件	フランジ面に残留したクロロシランポリマー類が大気中の水分で加水分解される。
2	物質	クロロシランポリマー類加水分解生成物
	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
3	事故の種類	発火
4	人的被害	—
	物的被害	—
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
	間接要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ リスクアセスメントが不十分。</li> <li>・ 小型炉の安全管理が不十分。</li> <li>・ 残渣物の取扱い等の安全対策が不十分。</li> </ul>
安全対策		①チャンバー内の洗浄は頻度を定めて行う。 ②位置合わせに留意してチャンバーを下ろす。

#### 【事例15】

発災工程分類		小型炉
事故発生概要		サンプルの取り出し後、チャンバー内を清掃しようとして燻る。
1	発災工程	小型炉洗浄工程
	プロセス条件	窒素置換後に開放してウェスで拭きとり
2	物質	クロロシランポリマー類加水分解生成物
	潜在エネルギー危険性	大気中の水分での加水分解による発火・爆発性と、表面乾燥による感度および威力の増大
3	事故の種類	燻り

4	人的被害	—
	物的被害	—
5	直接要因	クロロシランポリマー類の加水分解生成物への衝撃
	間接要因	クロロシランポリマー類加水分解生成物の発火危険性に関する知見と経験不足。
安全対策		開放後すぐに多量の水で加水分解させる。

#### 【事例 1 6】

発災工程分類		その他
事故発生概要		廃液ポンプのストレーナーが詰まり、開放・交換したエレメントがしばらくして燻る。
1	発災工程	除害ポンプストレーナー交換
	プロセス条件	液抜き、窒素置換後に開放
2	物質	クロロシラン類またはクロロシランポリマー類
	潜在エネルギー危険性	大気中の水分での加水分解による発火・爆発性と、表面乾燥による感度および威力の増大
3	事故の種類	燻り
4	人的被害	—
	物的被害	—
5	直接要因	クロロシランポリマー類の加水分解生成物への衝撃
	間接要因	クロロシランポリマー類加水分解生成物の発火危険性に関する知見と経験不足。
安全対策		エレメントを簡易容器に即座に移して湿潤状態を維持。その後に蒸気で失活させる。

#### 【事例 1 7】

発災工程分類		その他
事故発生概要		廃液処理後、床の残渣物が火花を発する。
1	発災工程	廃液処理
	プロセス条件	—
2	物質	クロロシランポリマー類加水分解生成物
	潜在エネルギー危険性	大気中の水分での加水分解による発火・爆発性と、表面乾燥による感度および威力の増大
3	事故の種類	火花（瞬時）
4	人的被害	—

	物的被害	—
5	直接要因	クロロシランポリマー類の加水分解生成物への衝撃
	間接要因	残渣物の拭き取り、失活処理忘れ
安全対策		残渣物の拭き取りと蒸気による失活処理徹底

### (3) クロロシランポリマー類等の堆積する工程に関するリスクの整理

#### 【傾向分析】

上記(1)および(2)に挙げられた17事例の傾向は以下のとおりである。

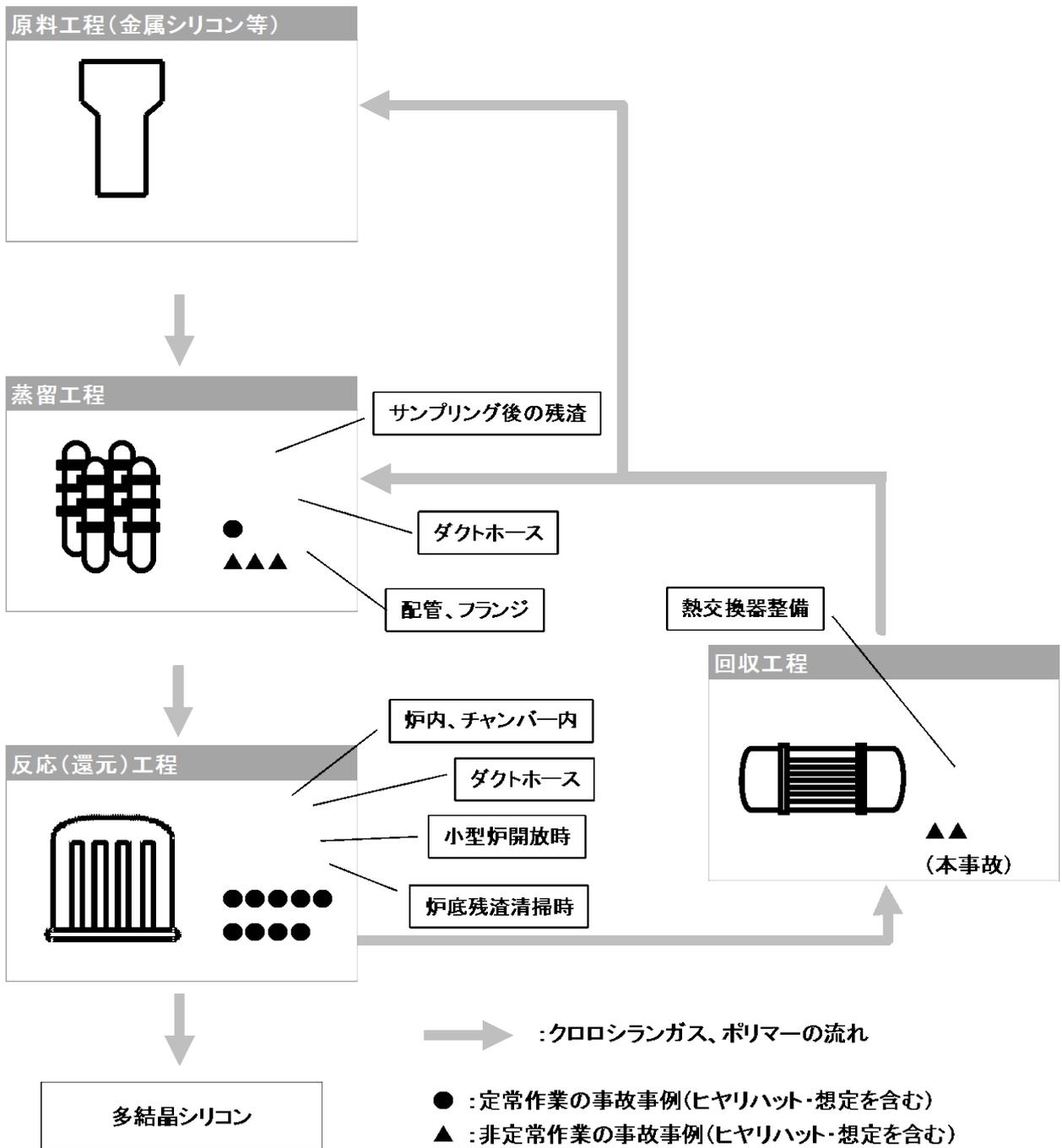
- ① 工程別にみると、反応(還元)工程(小型炉を含む)が9事例と最も多く、次いで蒸留工程が4事例、回収工程(熱交換器)が2事例、ユーティリティ関係(廃液処理)が2事例の順となっている。
- ② クロロシランポリマー類の存在したプロセス条件をみると、反応(還元)工程では製造プロセスで生成する残渣物が炉回り(炉底、チャンバー内側)やダクトホース、フランジ等の周辺部に残留したものが原因となっている。蒸留工程ではサンプリング時にこぼれたものやメンテナンス時の配管内等の残留物が、回収工程では熱交換器整備時の内部堆積物がそれぞれ原因となっている。
- ③ 17事例中12事例が、意図せず大気中の水分により、室温などの高温でない状態で加水分解が進行し、衝撃等の要因により発火や爆発に至った、または至ると想定したものである。
- ④ 反応(還元)工程の全9事例と蒸留工程の1事例を合わせた10事例が定常作業となり、残りの蒸留工程、回収工程のメンテナンス時の7事例が非定常作業に区分される。

#### 【ハザードマップ】

上記(1)および(2)に挙げられた事例に基づき、工程プロセス上に「事例の数」「事例の内容」「クロロシランポリマー類等の存在箇所(\*)」をプロットし、下図のとおりクロロシランポリマー類等に関するハザードマップを作成した。

(\*)クロロシランポリマー類等はほとんど全ての工程に存在する。ここでいう存在箇所とは、発火・爆発の危険性がある加水分解等の反応が起こり得る状態にあるクロロシランポリマー類等の存在する箇所をいう。

■クロロシランポリマー類等が堆積する工程のハザードマップ



## 【考察】

- ① クロロシランポリマー類等の存在、事例の件数とも、反応（還元）工程でのリスクが高いことが明らかである。クロロシランポリマー類は反応（還元）工程のバッチ式反応炉の内部で反応に伴って発生するため、この工程におけるクロロシランポリマー類の存在量が最も多い。また、この工程においては、定常作業としてバッチ式反応炉の開放を行うことから、反応炉内部に残留するクロロシランポリマー類が、大気中の水分と接触して加水分解反応が起きる可能性がある。このように、反応（還元）工程では通常のオペレーションでも加水分解処理を行う場合が多く、加水分解処理の温度条件、湿潤化状態の維持、並びに反応炉周りの残渣物の堆積、残留、およびその取扱い等について十分留意する必要がある。
- ② 回収工程は、反応（還元）工程からのクロロシラン類、クロロシランポリマー類及び水素ガス等の混合ガスを回収し、各成分に分離して再利用するための工程であり、プロセスの機能上、熱交換器や配管等にクロロシランポリマー類が堆積する。よって、清掃やメンテナンスなどの開放を伴う非定常作業が多く、機器のメンテナンス頻度等の安全管理が重要であり、また熱交換器等の開放作業にあたっては、加水分解処理の温度条件や湿潤化状態の維持に十分留意し、作業手順の順守を徹底する必要がある。
- ③ 蒸留工程には、回収工程で分離したクロロシラン類及びクロロシランポリマー類が供給され、蒸留分離が行われる。この際に高沸点成分であるクロロシランポリマー類が濃縮されて、一部の機器や配管等に堆積する可能性がある。この工程はクローズドシステムであり、通常のオペレーション中は系外に物質が出ることはないが、一部の機器や配管等にクロロシランポリマー類が存在しており、これらの箇所からのサンプリング並びに当該機器や配管等の清掃及びメンテナンス等の開放作業の際に、意図せず大気中の水分と接触して加水分解反応が起きる可能性があるため、個々の作業において十分なリスクアセスメントを実施し、加水分解処理の温度条件や湿潤化状態の維持に留意するなど、十分な安全対策を講じる必要がある。
- ④ 反応（還元）、回収、蒸留の3つの工程以外にも、事例としては、クロロシランポリマー類が通る機器や配管のメンテナンス、特に堆積しやすいストレーナーや排気ダクトホース等の清掃などに留意すべきと考えられる。

## 【まとめ】

以上のことを整理すると、リスクのある工程・作業等は次の3つに分類される。

リスクのある工程・作業等	例
(1) 開放作業等のためクロロシランポリマー類の加水分解を行わざるを得ない工程	反応炉開放、熱交換器開放整備
(2) クロロシランポリマー類と大気との接触が不可避な状態にある工程	小型炉、サンプリング作業
(3) 開放・洗浄作業等	ストレーナー、配管の洗浄

多結晶シリコン製造工程においては、上記例示以外でもこれらリスクのある工程・作業等を洗い出し、作業手順書等におけるクロロシランポリマー類の取扱いについて、

- ・ 堆積量の適正管理
- ・ 高温での加水分解
- ・ 湿潤化により加水分解物の乾燥を防ぐ

を基本とした対策が講じられているかどうか確認する必要がある。

### (4) シリコンウェーハ製造工程における類似物質の取扱い

シリコンウェーハおよびその母材であるシリコン単結晶の製造工程において、クロロシラン系のポリマーが発生する工程はないが、発熱する可能性がある物質として「SiO<sub>x</sub>」と呼ばれるシリコンの酸化物が存在する。「SiO<sub>x</sub>」とは、SiO<sub>2</sub>（石英）と SiO の混合物を総称するもので、SiO が酸素と接触すると安定物質である SiO<sub>2</sub> になろうとするため酸化反応により発熱する。またウェーハのエピタキシャル工程では、クロロシランガスを使用し、収率や反応速度は異なるが多結晶シリコンと同等の反応プロセスとなる。

発火・発熱の可能性があるポリマーを含む未反応ガスについて、多結晶シリコンの製造工程では回収工程において分離・回収されるが、シリコンウェーハ製造工程では除害処理を実施した上で排気される。これは、シリコンウェーハ製造工程で使用されるクロロシランガスは少量であり、発生する未反応ガスもごく少量であるからである。

シリコンウェーハ製造工程においては、以下に示すとおり、類似物質のリスクアセスメントを行い、これに対応する安全対策を講じている。

【排気ポンプに関するハザード】

工程	排気ポンプ保守作業
概要	ポンプ保守作業時にポンプオイルに捕獲されていた SiO <sub>x</sub> が酸化発熱してオイルに着火。
プロセス条件	排気中に含まれる微量の SiO <sub>x</sub> がポンプオイルに捕獲蓄積される。保守作業時に同オイルが空気中の酸素に接する。
物質	SiO <sub>x</sub> (SiO と SiO <sub>2</sub> の混合物)
潜在エネルギー危険性	亜酸化状態の物質の酸化による発熱。
要因	SiO <sub>x</sub> が空気中の酸素と接することによる酸化。可燃性のオイルに SiO <sub>x</sub> が捕獲蓄積すること。
安全対策	水封ポンプへの転換による可燃性オイルの排除。SiO <sub>x</sub> の水中への捕獲による酸化安定化促進。

【排気配管清掃作業に関するハザード】

工程	排気配管清掃作業
概要	清掃作業前の通気 (SiO <sub>x</sub> を酸化させ安定な SiO <sub>2</sub> にする) にて、想定以上の発熱。
プロセス条件	排気中に含まれる微量の SiO <sub>x</sub> やクロロシランが配管内壁に付着蓄積する。保守作業準備の通気により空気中の酸素に接する。
物質	SiO <sub>x</sub> (SiO と SiO <sub>2</sub> の混合物) およびクロロシラン
潜在エネルギー危険性	亜酸化状態の物質の酸化による発熱。
要因	a) 高温の排気が低温の配管壁に接することにより、排気中の SiO <sub>x</sub> やクロロシランが配管内壁に付着。 b) 可燃物質が空気中の酸素と接することにより酸化、発熱。 c) トラップ部など、付着の生じやすい部位では、想定量以上の可燃物質の付着により発熱。
安全対策	a) 排気経路中にトラップを設置することにより、排気中に含まれる微量の可燃物質を集中的に付着させ捕獲する。これにより、トラップ部以外の可燃物質の付着を抑え発熱を防止する。 b) 特に付着を避けたい場所は保温することで付着を生じにくくする。 c) トラップ部では温度モニターを行うことで、異常反応が生じていないかを監視し、高い頻度で保守清掃を行う。

【排気配管清掃作業に関するハザード】

工程	排気配管清掃作業
概要	清掃作業で配管を解放（典型的には取り外し）した際に、配管内の付着残渣が空気中の酸素との酸化反応を再開し想定以上の発熱や発煙。残渣の零れ落ちで火の粉が散る。
プロセス条件	配管内壁に付着蓄積していた $\text{SiO}_x$ やクロロシラン残渣が、保守作業準備の通気で $\text{SiO}_2$ への安定化が全量は完了しておらず、未反応残渣が残る。
物質	$\text{SiO}_x$ ( $\text{SiO}$ と $\text{SiO}_2$ の混合物) およびクロロシラン
潜在エネルギー危険性	亜酸化状態の物質の酸化による発熱。
要因	$\text{SiO}_x$ やクロロシランが空気中の酸素と接することによる酸化。 想定量以上の可燃物質の付着。保守作業準備段階の安定化処理の不足。
安全対策	保守作業準備の通気時に反応促進のため配管を電熱加熱。トラップ部で温度モニターを行うことで、反応の進行と終了をモニター。取り外し直後に水を張った水槽に投入。

#### 4. 事業者としての取組み

##### (1) 各社のリスクアセスメント実施状況

本委員会委員会社である多結晶シリコンメーカー3社は、本事故の発生後、本事故の直接原因である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新たな知見を踏まえたリスクアセスメント等を実施しており、その内容について以下のとおり報告を受けている。

##### 【(株) 大阪チタニウムテクノロジーズ】

###### 1. 類似設備の調査

本事故の発生した回収工程の水冷式熱交換器に相当する自社プラント熱交換器について、使用履歴及び整備実績等の調査を実施した。

###### 2. 取り外し機器の整備方法の確認

- ・取り外し機器の整備方法について、三菱マテリアル（株）の事故と同様な事象が発生しないか手順の再確認を行った。
- ・下記項目について手順を確認し、不足があった場合は改善した。
  - (1) 取り扱い物質毎に基本となる整備方法を規定している。
  - (2) 整備作業毎に個別の手順書を作成している。
  - (3) 管理者の承認を得ている。
  - (4) 作業開始前に作業メンバーで手順書に基づきKYを行っている。
  - (5) 加水分解が完了している事を定量的に確認している。
  - (6) 作業日時、測定値、作業結果について記録を残している。
  - (7) 装置の開放は当社社員が実施し、当社社員が安全性を確認してから協力業者への業務引き渡しを行っている。

##### 【(株) トクヤマ】

###### 1. 類似プラントでの主な対応について

###### ①今年度の熱交開放点洗浄作業の対応（事故報告書を反映）

- ・「クロロシランポリマー類等の危険物性と対応」教育資料・作業手順の見直し
- ・熱交加水分解処理後の残渣物の危険性調査実施
- ・事故調査委員会報告書、今期開放実績等を基に作業基準書・要領書を再点検しリスクアセスメントへの反映
- ・過去のヒヤリ・ハットの掘り起こし

###### 2. 事業所としての対応

###### ①緊急所長通達発行（安全確保の徹底について）

###### ②全所への事故概要説明と対応指示（製造所、安全衛生委員会他）

\* 事故概要の説明

\* 関係官庁等の通達周知

\* 製造所長より各ライン管理者へ、「危険・有害物を取り扱う設備に係わる、点検・保守等の作業における再点検」を指示（情報通知書）。



- ・当該設備で取り扱っている危険・有害物（作業時に生じる物質を含む）の性状、作業環境等を踏まえ、点検・保守等の作業手順等（設備停止後の処置、前処理、開放作業等を含む）を再点検し、保安上遵守すべきポイントを明確にし、作成・見直し・整備を実施。
- ・関連する請負作業手順を確認し、作成・見直し、整備について指導・支援を実施。

### 【三菱マテリアル（株）】

#### 1. リスクアセスメントの実施

##### 1) 物質のリスクアセスメント

- ・クロロシランポリマー類とその加水分解生成物の発火・爆発危険性等の新たな知見によるリスクアセスメントを実施した。
- ・リスクアセスメントの結果を熱交換器整備作業と類似危険物質の取扱い作業条件・手順へ反映させた。
- ・クロロシランポリマー類、その加水分解生成物および他の化学物質の物性、発火・爆発危険性、有害性および環境汚染性を調査し、新たな知見が得られた場合にはリスクアセスメントを実施することを規定した。

##### 2) 設備のリスクアセスメント

- ・設備の新設、変更の都度、リスクアセスメントを実施し、管理帳票にリスクアセスメント結果を添付する。
- ・設備のリスクアセスメントの実施にあたっては、緊急シャットダウン時、非定常作業時、並びに異常反応や事故等の緊急時も想定し、安全、かつ、適切な対応を定めることとする。

##### 3) 作業のリスクアセスメント

四日市工場すべての部署で、作業の安全に関するリスクアセスメントを実施し、また作業標準の総点検を実施した。

#### 2. 類似危険物質の取扱いに関わる残存リスクの低減

##### 1) 類似危険箇所の調査

本事故の直接原因である発火・爆発性物質の生成過程と同様の工程が製造ラインにないことを確認した。

##### 2) 類似危険物質の取扱い

以下の視点によりリスクアセスメントを実施し、必要な対策事項を作業標準類に

記載する。

- クロロシランポリマー類の堆積量を適正管理する。
- クロロシランポリマー類を高温で加水分解する。
- 加水分解生成物の湿潤化を行う。

## (2) 本事例分析結果の活用

クロロシランポリマー類等の堆積による製造工程上の災害防止を図るためには、存在するハザードを洩れなく抽出し、リスクアセスメントの実施により潜在する危険性を明らかにし、クロロシランポリマー類等の危険性に関する正しい知識に基づいた適切かつ十分な安全対策を講じることが必要である。また、他の類似危険物質に関する安全対策についても、これと同様のアプローチ手法が有効である。

本事例分析により得られた結果については、各事業者が、作業従事者に対して行う教育・指導、作業手順書等への適切な記載、設備の設計・メンテナンス等の場面において、災害防止を図る際に活用されることを期するものである。また、今後、クロロシランポリマー類等、その類似物質、並びに他の化学物質に関して、新たな知見が得られた場合には、当該物質の物性、発火・爆発危険性、有害性および環境汚染性を調査し、リスクアセスメントを実施の上、教育、設備、および作業へ適切に反映することが必要であるため、本委員会の活動を通じて、会員企業への周知および活用の促進を図ることとする。

## (3) 三省庁報告書に基づく事業者の取組み

三省庁報告書の3.(1)項で述べられている「事業者が取り組むべき事項」に関し、本委員会委員の多結晶シリコンメーカー3社は、前述のリスクアセスメント等の実施のほか、その結果等を踏まえ各社それぞれの取組みを進めている。当協会としては、取り組み事例の紹介等により、会員企業への周知、活用および啓発を図り、会員企業の取組みを支援することとしている。本行動計画において、三菱マテリアル(株)の取り組み事例を以下のとおり紹介する。

### 【事故防止に向けた三菱マテリアル(株)の取組み】

ア) 自主保安向上に向けた安全確保体制の整備と実施

a. 経営トップによる保安への強いコミットメント

- ・重篤な災害につながる可能性のある作業について、経営トップが作業手順書の総点検を指示し、全事業所、グループ会社において特に安全性を判断する基準の客観性、定量性

を確認させ、不備のあるものについては改訂を実施した。

- ・各事業所の安全管理体制の確認のため、経営トップによる安全視察を社内の全製造場所と一部のグループ会社に対して実施した。
- ・社内イントラネット、広報誌、並びにCSR報告書等による経営トップメッセージを発信した。

b. 現場の声も踏まえた適切な経営資源の投入

- ・現場へのヒアリングを通じて、必要な安全対策や老朽化対策等の安全に係る設備投資を把握し、他の投資と区別して、適切な予算措置等が講じられるようにした。

c. 現場での適切な安全管理の枠組整備と実施

- ・四日市工場の安全管理をさらに強化するため、本社が積極的に関与した安全衛生マネジメントシステムを構築し、PDCAサイクルを回すことにより継続的な改善につなげる。
- ・本社では、グループ全体の安全管理機能の強化および拡充を図ることを目的に、労働安全衛生、防災保安それぞれの所管部署を統合の上、組織格上げし、「安全衛生部」として新設した。

d. 運転部門、保全部門、設計部門等各部門間の適切なコミュニケーション・連携強化による適切な運転・保全の実施

- ・プロセス技術に係る専門部署を設置し、プロセス技術の継続的な向上および情報を集約することにより、安全基盤の強化および技術伝承の基になる情報共有を行う。また、保全技術についても、最新の検査・診断技術の活用を図るなど、定期的に見直しを行う。
- ・この部署を中心として、製造、設備管理、安全などの各部門や本社との連携を強化し、また、こうした取り組みを通じて、事業所全体のプロセスを掌握し、講ずべき安全対策について各部門に適切に指示を行うことができる人材を育成する。

e. 協力会社も含めた適切な安全管理の実施

- ・物質、設備、作業に係るリスクアセスメントおよび安全管理対策の実施にあたっては、協力会社の意見も積極的に取り入れることとする。
- ・また、四日市工場としても、協力会社が実施するリスクアセスメントに対して、支援、協力、並びに必要な情報の提供等を行うことにより、協力会社との間の強固な連携を構築する。

f. 安全文化の醸成

- ・NPO法人安全工学会保安力向上センターに工場内関係者へのヒヤリング調査を委託し、安全基盤および安全文化に関わる背景要因を抽出した。
- ・背景要因への対策の実施体制として、「四工安全文化再構築プロジェクト」を組織し、次の対策に取り組んでいる。
  - 体系的な教育の仕組みやカリキュラムの整備
  - プロセス技術専門部署の設置、本社と工場との連携、外部機関等との連携による

#### 安全基盤の強化

- 工場内組織の見直しによる安全管理機能の強化
- 継続的改善を行う体制の確立

#### イ) リスクアセスメントの徹底

本項（１）のとおり。

#### ウ) 人材育成の徹底

- ・過去に発生した事件事例や他社で発生した事件事例をも踏まえた教育、熟練作業者の経験の伝承、並びに体験教育などを継続的に実施することで、危険に対する感性を向上させ、緊急時対応能力の強化も行う。
- ・これらの教育では対象者への教育効果を評価する仕組みを盛り込み、効果的な教育につなげる。こうした取り組みを通じて計画的な人材育成を図っていく。

#### エ) 社内外の知見の活用

##### a. 社内外の事故情報の収集・活用

- ・新金属協会のほか、新たに日本化学工業協会へ加盟するなど、業界団体や外部学術機関との交流機会を増やし、安全や技術に関する最新の情報を入手し、継続的な安全基盤の強化を図る。

##### b. 第三者機関（民間企業、関係団体等）による評価・認定制度等の活用

- ・作業手順書の総点検について、主にその網羅性および妥当性について危険物保安技術協会へ評価を委託している。
- ・安全基盤および安全文化に関わる背景要因については、安全工学会保安力向上センターにヒアリング調査を委託すると共に、今後も定期的に評価を委託しP D C Aサイクルにより継続的な改善を行う。

### Ⅲ. 新金属協会の今後の取組み

今回の行動計画においては、クロロシランポリマー類およびその類似物質を対象として取り上げた。当協会は、本事故の当該業界事業者が属する業界団体であると同時に、会員企業は新金属関連の異業種にわたり構成されていることから、今回の行動計画策定の過程で得られた知見・成果の取扱いについては以下のとおり展開を図る。

- ・クロロシランポリマー類等の取扱いのある会員企業間においては、より実効的な災害防止対策が維持できるよう最新の専門情報を共有できるようにする。
- ・クロロシランポリマー類等の取扱いのない企業に対しては、クロロシランポリマー類の実例をもって、より効果的なリスクアセスメント手法等を周知すると共に、他業界で講じている災害防止対策事例等の情報を共有する。

今後、当協会では、構成会員企業が複数業種にわたっている特性を踏まえ、シリコン産業以外の他業種の災害防止に関する取組みなど広範囲な安全活動の情報を会員企業へ発信すると共に、今回の事例分析手法のような共通的・本質的に安全活動に役立つ情報を紹介するよう努める。具体的な取組みの内容および方向性は以下のとおりである。

#### 1. 新金属産業災害防止対策安全委員会の継続

##### ① 本委員会の開催

本委員会は年2回定例会議を開催する。本委員会定例会議においては、会則に定められた事項の決議を行うほか、事故情報（教訓）・安全対策の共有、各種勉強会の開催、並びに時宜に応じたテーマに関する意見交換等を行うこととする。また、必要に応じて定例会議以外の日程にて会議を開催する。

##### ② 行動計画の改訂

本委員会は、毎年度、最新の状況を踏まえて、必要に応じて災害防止に関する行動計画を改訂・策定する。行動計画の改訂については、本委員会の事業計画とともに理事会に諮る。

##### ③ 事例分析の展開

本行動計画においては、クロロシランポリマー類等およびその類似物質の工程を事例分析の対象とした。今後は、既存8部会の中から、年度ごとに原則として一つの部会が当該業界に係る事故事例等の掘り下げを行うこととし、得られた成果等については、今回と同様に理事会、部会・委員会および会員企業へ横展開を図ることとする。また、これとは別に、当協会の部会または会員企業の業種と関係のある事

故・プロセス・物質等で、災害防止上の重大なリスクが確認された場合には、リスクアセスメント結果等を周知すると共に、必要に応じて本委員会により掘り下げを行う。

事例分析の対象の選定方法および分析実施主体等については、本委員会の定例会議の中で検討する。

## 2. 新金属協会の安全に係る活動

三省庁報告書の3.(2)項で述べられている「業界団体が取組むべき事項」に関する当協会の具体的な取組み内容は以下のとおりである。

### (1) 事故情報（教訓）・安全対策・安全情報の共有

- ① クロロシランポリマー類等をはじめ、新金属産業において取扱われる物質に係る事故が発生した場合、新たな知見が得られた場合、並びに保安向上のために有益な情報が得られた場合等には、既存の8部会や他の会員企業に対し、部会での報告、当協会ホームページへの掲載、並びに電子メール等の手段により情報提供を行い、その積極的かつ効果的な活用を促進する。また、必要に応じてリスクアセスメント等を実施し、その結果を共有する。
- ② 本委員会のオブザーバーである（一社）日本化学工業協会など他の業界団体と連携し、事件事例、リスクアセスメント事例および保安に関するガイドライン等、保安向上のために有益な情報を収集し、会員企業への周知および活用の促進を図る。
- ③ 三省庁報告書の3.(1)項で述べられている「事業者が取り組むべき事項」に関し、三菱マテリアル（株）の取組み内容はⅡ.4.(3)で述べたとおりである。当協会としては、この他にも、多業種にわたる特性を生かし、会員企業による保安・災害防止に向けた取り組み事例等について情報を集約し、会員企業への周知、活用および啓発を図る。

### (2) 教育訓練の支援

- ① リスクアセスメント勉強会の開催および（一社）日本化学工業協会等が開催する社外セミナーの勧奨を行う。
- ② 会員企業自らが実施する教育・訓練や研修について、当該企業の要請に応じて、前項により収集した情報の提供および助言・指導等を行うことにより、自主的な取り組みを支援する。
- ③ この他、ビッグデータ等のIT技術を活用した予防保全へのアプローチ手法を会員企業へ紹介するなど、業界・業種にとらわれず、災害防止のための最新情報を提供し、会員企業の保安向上の動機付けを行う。

### 【平成 26 年度の実績】

開催日	講演名	講師・主催者	種別
平成 26 年 9 月 5 日	「保安事故防止ガイドライン」に関する勉強会	(一社) 日本化学工業協会常務理事 春山豊	開催
平成 26 年 9 月 17 日	リスクアセスメントに関する勉強会	東京大学名誉教授 田村昌三	開催
平成 26 年 10 月 15 日	予防保全分野におけるビッグデータ技術の活用	日本 I B M (株)	開催
平成 26 年 11 月 6 日	安全セミナー「現場保安力をいかにして強化するか」	災害情報センター、安全工学会	勸奨参加
—	山陽人材育成講座	山陽技術振興会	勸奨

#### (3) 安全文化醸成に向けた取り組み

- ① 企業安全文化の醸成および企業保安向上に関する講座を企画するほか、安全意識向上に関する社外セミナーの勸奨を行う。
- ② 当協会の功労表彰制度に安全の部を新設し、保安・防災に関する優れた取り組みや多年にわたる無事故実績等の成果を挙げた事業者等に対して、当協会定時総会の場で表彰を行うことにより、安全活動へのモチベーション向上を図る。選考基準については本委員会で検討の上、理事会に諮ることとする。また、保安・防災に関する会員各社の優良事例を収集し、協会内外へ発信することにより業界全体の保安向上を図る。

#### (4) 経営トップ等の強い関与

会員企業のトップ経営層が理事として参加する年 3 回開催の協会理事会のうち、原則として 3 月開催の理事会において各年度の行動計画および本委員会の活動状況の報告を議題として掲げ、本委員会における災害防止に向けた取り組み内容を周知すると共に、参加者間で意見交換を実施し相互啓発を図る。また、この場でも出された意見等を本委員会の活動へ反映させる。

### 3. その他

#### (1) 行動計画の進め方

今後の行動計画の進め方については、前項で述べた項目・方向性に基づき、本委員会の活動成果およびその効果を考慮しつつ、検討課題、実施時期、並びに具体的

な取り組み方等を検討していく。来年度については、本行動計画を公表後直ちに、具体的な活動内容およびスケジュールを織り込んだ平成 27 年度事業計画の策定に着手し、平成 27 年 3 月開催の当協会理事会に諮ることとする。

(2) フォローアップ調査への対応

当協会に対する、三省庁や関係官庁・機関等からのフォローアップ調査への対応については本委員会が対応主体となる。調査結果については、本行動計画と同様に理事会、各部会・委員会で確認する。また、本委員会は会員企業が対応するフォローアップ調査への支援を行う。

(3) 外部評価およびP D C Aサイクルによる改善

行動計画の進捗、並びに本委員会の活動の成果および実効性については、会員企業へのアンケート等のほか、オブザーバーである（一社）日本化学工業協会や他の業界団体との意見交換を通じて外部の評価を取り入れることとする。また、こうした評価等は本行動計画のP D C Aサイクルに活用する。特に、本委員会の検討テーマについては、受け手となる会員企業等の有用性・実効性を十分に把握し、適確に行動計画へフィードバックを行う。

(4) 本行動計画の取扱い

本行動計画は三省庁へ報告すると共に、当協会会員企業へ事前周知し、当協会ホームページに掲載することにより公表する。

以 上