

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27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 27 年度）

目 次

I. はじめに

- 1. 背景・経緯・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
- 2. 行動計画の位置付け・・・・・・・・・・・・・・・・ 3

II. 新金属産業災害防止対策安全委員会の活動

- 1. 事故事例等の統計・整理および事例分析・・・・・・・・ 8
- 2. 多結晶シリコン製造業における保安事故・労働災害の実態と安全対策
 - （1）保安事故・労働災害の発生状況・・・・・・・・ 11
 - （2）潜在危険性と安全対策の整理・・・・・・・・ 19
 - （3）事例分析・・・・・・・・・・・・・・・・ 21
- 3. 多結晶シリコン製造事業者としての取組み（フォローアップ）・・・・ 24
- 4. 希土類製造業における保安事故・労働災害の実態と安全対策
 - （1）趣旨・・・・・・・・・・・・・・・・ 27
 - （2）希土類製造業における保安事故・労働災害の実態調査・・・・ 29
 - （3）希土類の製造プロセスにおける潜在危険性と安全対策・・・・ 36
 - （4）希土類製造業における安全対策の推進・・・・・・・・ 41
 - （5）希土類製品の使用上の注意事項／ガイドラインの見直しと改訂・・・・ 41

III. 新金属協会の今年度の活動と今後の取組み

- 1. 新金属産業災害防止対策安全委員会の活動・・・・・・・・ 42
- 2. 新金属協会の本委員会以外の安全に係る活動・・・・・・・・ 44
- 3. その他・・・・・・・・・・・・・・・・ 46

【付属資料】

- 別表 1 保安事故事例（多結晶シリコン製造関係）
- 別表 2 労働災害事例（多結晶シリコン製造関係）
- 別表 3 保安事故事例（希土類製造関係）
- 別表 4 労働災害事例（希土類製造関係）
- 別 添 希土類製品の製造および使用上の注意事項／ガイドライン
（2016 年 3 月改訂）

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 27 年度）

平成 28 年 3 月 4 日
一般社団法人 新金属協会

I. はじめに

1. 背景・経緯

近年、石油コンビナート等において重大事故が続いている状況を踏まえ、2014 年 2 月 20 日に、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」が設置された。同年 5 月 16 日、三省庁は、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を公表すると共に、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た。さらに、三省庁は、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、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。

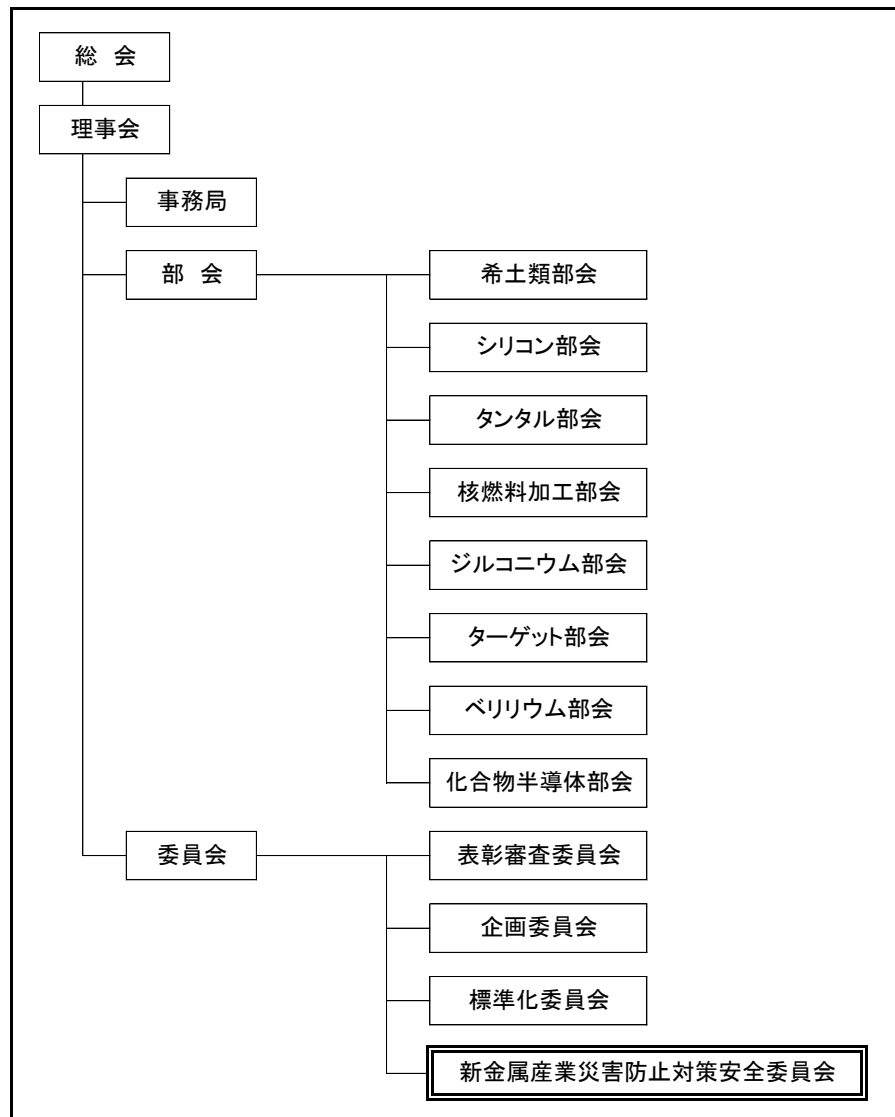
当協会は、それまで新金属関連の異業種 8 部会の活動が主であり、安全に関する特定の活動主体を有していなかったが、業界団体としての災害防止活動の必要性を鑑み、三省庁要請を契機として、2014 年 7 月に「新金属産業災害防止対策安全委員会」（以下、「本委員会」という。）を発足した。

本委員会の目的

「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」の報告書で指摘された重大事故原因・背景に係る共通点を踏まえ、会員事業者の災害防止と保安向上に向けた取り組みを支援し、その成果等の共有と周知徹底を図ることを目的とする。

現在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]



2. 行動計画の位置付け

(1) 行動計画（平成 26 年度）

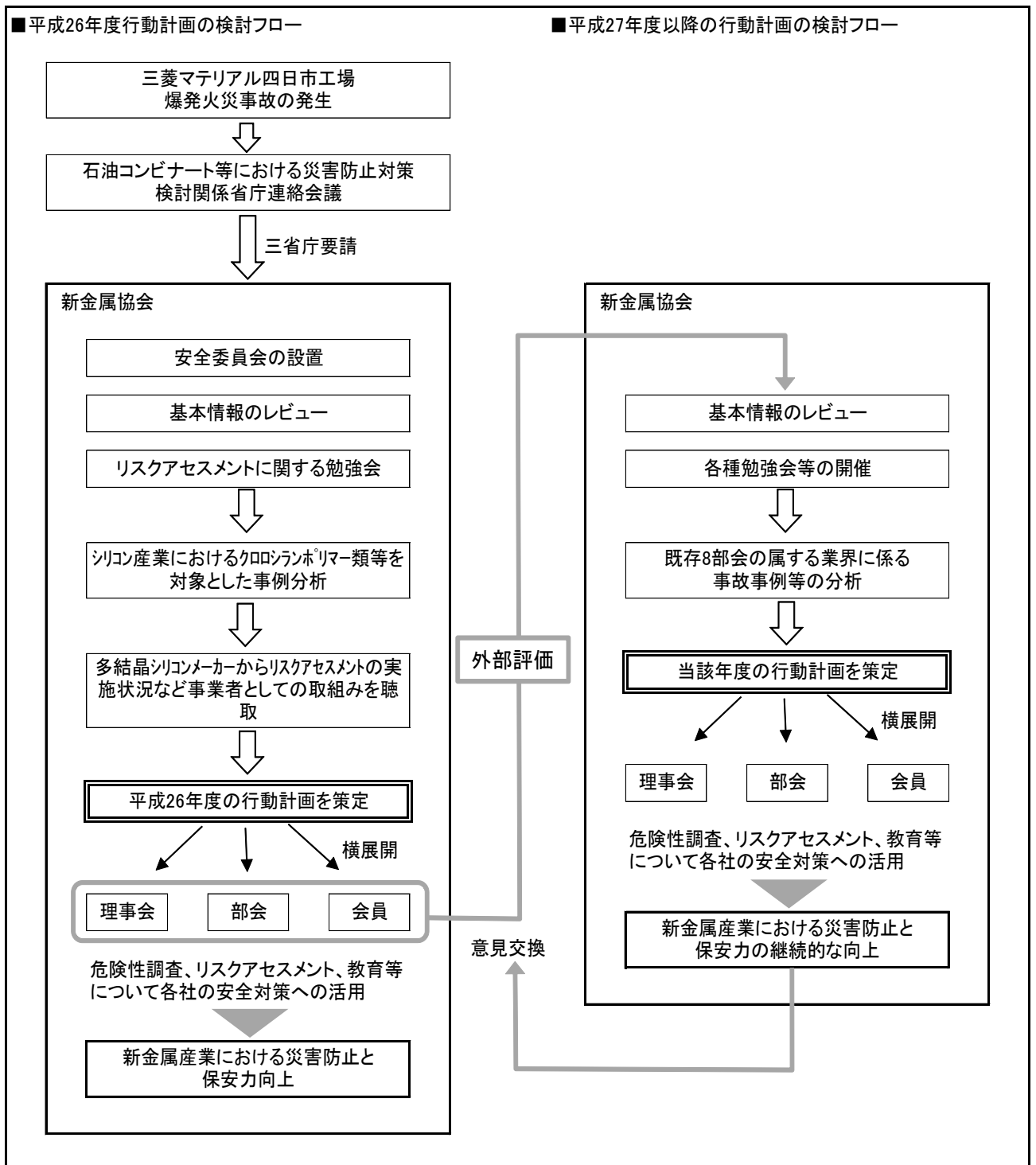
行動計画の策定にあたり、本委員会は、基本情報のレビュー、リスクアセスメントに関する勉強会、事故・ヒヤリハット事例の分析、並びに今後の当協会が取り組むべき安全活動等について検討を進め、2015 年 3 月 4 日に、「行動計画（平成 26 年度）」を公表した。

行動計画（平成 26 年度）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、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。また、今後の本委員会の活動方針を以下のとおり定めた。

- ① 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。
- ② 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。
- ③ 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。

毎年度の行動計画の検討フローは[図 1-2]に示すとおりである。

[図 1-2 行動計画の検討フロー]



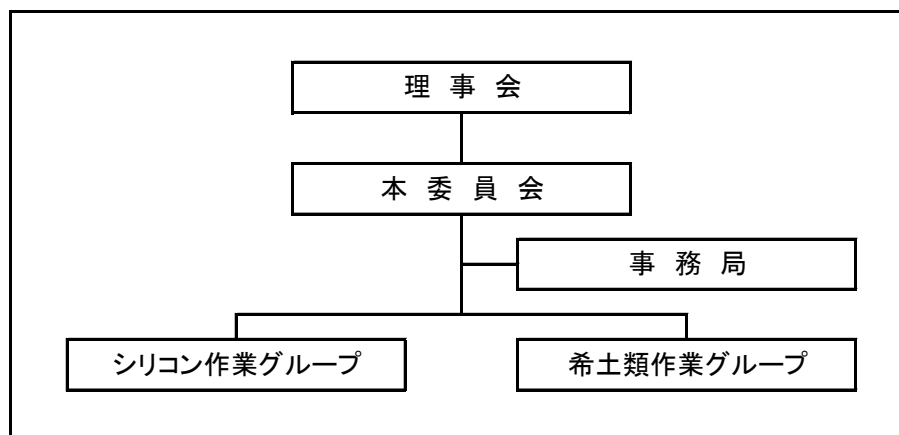
(2) 行動計画（平成 27 年度）

2015 年度（平成 27 年度）において、本委員会は、計 2 回の委員会と計 8 回の作業グループ会議を開催した。本年度の本委員会の活動内容として、2014 年度（平成 26 年度）に続き、多結晶シリコン製造業における取組みのフォローアップを行うと共に、希土類製造業の事故事例等を取り上げ、これらの分析・整理結果、並びに希土類製品取扱いに係るガイドラインの改訂作業等について検討を行ってきた。行動計画策定要請の趣旨を鑑み、既存 8 部会へ本行動計画の横展開を行い、会員各社が取り組む保安対策を促進することを目的として、今年度の活動実績および成果の周知、並びに当協会としての災害防止に向けた今後の活動内容を取りまとめ、この度、「行動計画（平成 27 年度）」として公表するものである。

(3) 体制

本年度における本委員会の活動体制は[図 1-3]に示すとおりである。

[図 1-3 本委員会の活動体制]



(4) 委員の構成

本年度における本委員会の委員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 常務執行役員
	松井 良憲	株式会社大阪チタニウムテクノロジーズ 環境防災グループ 参与
	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 副部長
	横井 英雄	阿南化成株式会社 副社長
	待田 純一	株式会社三徳 取締役 総務人事担当
	森本 浩史	株式会社三徳 取締役付 安全推進担当
	喜多村 忍	昭和電工株式会社 秩父事業所長付
	清水 和宏	信越化学工業株式会社 電子材料事業本部 マグネット部 レアアースグループ 担当部長
	寺田 忠史	第一稀元素化学工業株式会社 取締役 品質保証部長 総務部担当
	太田 誠	太陽鋳工株式会社 東京支店次長 総務課長
	古跡 隆一郎	中央電気工業株式会社 取締役 常務執行役員 総務部長
	江戸 健太郎	中央電気工業株式会社 総務部 総務課 参事
	本村 智隆	三井金属鋳業株式会社 機能材料事業本部 技術部 部長
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
	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 環境保安部長
	薄田 光浩	グローバルウェーハズ・ジャパン株式会社 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 技師
	野尻 敬午	日本ガイシ株式会社 金属事業部 生産技術部部長
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

(5) 活動の経過

本年度の本委員会等の開催経過は以下のとおりである。

開催日	開催内容
2015 年 6 月 11 日	委員会開催準備会議（委員長、事務局、幹事）
7 月 8 日	第 1 回委員会
9 月 7 日	第 1 回シリコン作業グループ会議
9 月 8 日	第 1 回希土類作業グループ会議
10 月 13 日	第 2 回希土類作業グループ会議
10 月 26 日	第 2 回シリコン作業グループ会議
10 月 27 日	第 3 回希土類作業グループ会議
11 月 27 日	第 4 回希土類作業グループ会議
12 月 4 日	第 2 回委員会（注）
2016 年 1 月 19 日	第 5 回希土類作業グループ会議
3 月 17 日	第 6 回希土類作業グループ会議・希土類部会（合同開催）

（注）委員会審議に先立ち、経済産業省商務流通保安グループから「IoT・ビッグデータ等を活用した産業保安のスマート化」をテーマに、スマート化の基本的な考え方と進め方、近年の産業事故事例とその施設・設備面の課題、および故障・寿命を予測するビッグデータ・AI技術の活用について説明を受けた。

Ⅱ. 新金属産業災害防止対策安全委員会の活動

1. 事件事例等の統計・整理および事例分析

2014年度は、三省庁要請へ対応することを主眼とし、多結晶シリコン製造施設工程における事故等の事例を収集し、これらの中から、クロロシランポリマー類を原因物質とする事故等を対象に事例分析および整理を行った。

2015年度以降においては、昨年度に取扱ったような、いわゆる保安事故だけでなく、重大事故につながるおそれのある労働災害についても、本委員会が取り扱う事故等の対象に加えることとし、保安事故および労働災害のそれぞれについて、本委員会独自の定義を新たに定め、これら事故等の事例について統計作業を行うこととした。

2015年度は、多結晶シリコン製造業および希土類製造業における事故等の事例を収集し、それぞれにおいて統計および分析・整理を行った。今後、当協会の部会の中から新たな業種を対象に加え、事例数を増やすことにより統計の充実を図る予定である。

(1) 本委員会における事故等の定義

① 保安事故の定義

各部会の事業に係る生産設備、工程および取扱い物質に起因し、高圧ガス保安法、消防法、石油コンビナート等災害防止法および毒物及び劇物取締法の規定に基づき、所管官庁等へ通報または届出がなされ、当該所管官庁等から報告書等の提出を求められた事故、災害および異常現象等。人的・物的被害の有無は問わない。

- ・会員会社の全事業に係るものではなく、当協会の参加事業の事例に限定するものとする。
- ・各法令の届出または通報に関する規定は以下のとおりである。

高圧ガス保安法	第 36 条、第 63 条
消防法	第 16 条の 3、第 24 条
石油コンビナート等災害防止法	第 23 条
毒物及び劇物取締法	第 16 条の 2

② 労働災害の定義

各部会の事業に係る生産設備、工程および取扱い物質に起因した、自社従業員および協力会社等従業員の休業災害および不休業災害。事務作業等の間接業務、通勤途上の災害、および不休業災害のうち微傷災害（医師による専門的な治療が不要なもの）は含まない。

- ・対象者は、雇用形態・所属会社にかかわらず、当該作業に係わった者とする。
- ・休業には至らず、事業所内での治療で済んだものや、医療機関へ赴き医師の診断を受けたとしても、専門的な治療行為を受けなかったもの（例えば、消毒、包帯で済んだもの）は微傷災害とし、対象外とする。

（２）統計・整理の方法

2015 年度における統計・整理の方法等は、次のとおりである。

① 対象会員会社

<多結晶シリコン製造>

(株) 大阪チタニウムテクノロジー、(株) トクヤマ、三菱マテリアル (株)

計 3 社

<希土類製造>

阿南化成 (株)、(株) 三徳、昭和電工 (株)、信越化学工業 (株)、第一稀元素化学工業 (株)、太陽鋳工 (株) 中央電気工業 (株)、三井金属鉱業 (株)

計 8 社

② 対象とする事例

<多結晶シリコン製造>

暦年で 2005 年から 2015 年 9 月までに発生した保安事故および労働災害

<希土類製造>

暦年で 2005 年から 2014 年までに発生した保安事故および労働災害

③ 事例の収集方法

次の項目ごとに情報を記入するフォーマットを用いて、各社に回答を依頼した。

保安事故	労働災害
発災工程分類 事故発生概要 1) 発災工程、プロセス条件 2) 物質、潜在エネルギー危険性 3) 保安事故分類 4) 人的被害、物的被害、自社/派遣/ 協力会社の別 5) 直接要因、間接要因 安全対策	発災工程分類 災害発生概要 1) 発災工程 2) 労働災害分類、有害物質 3) 負傷部位・程度、休業日数、年齢・ 経験年数、自社/派遣/協力会社の別 4) 直接要因、間接要因 安全対策

なお、保安事故分類および労働災害分類の基本的な事象は以下のとおりとした。

- ・保安事故

「爆発」「破裂、破損」「火災」「漏えい、噴出」「その他」

- ・労働災害

「墜落、転落」「転倒」「激突」「飛来、落下」「崩壊、倒壊」「激突され」「はさまれ巻き込まれ」「切れ、こすれ」「踏抜き」「おぼれ」「高温、低温物との接触」「感電」「動作の反動、無理な動作」「その他」

2. 多結晶シリコン製造業における保安事故・労働災害の実態と安全対策

(1) 保安事故・労働災害の発生状況

2005 年から 2015 年 9 月までの事故等の発生件数等の推移を示すと共に、多結晶シリコン製造工程における潜在リスクを明らかにするため、発災工程、作業、原因物質、要因、並びに必要とされる対策別に、発生件数および事象分類の関係を整理した。

今回収集した保安事故の事例は別表 1 に、労働災害の事例は別表 2 にそれぞれ示すとおりである。統計・整理の母数となる事故事例等の件数は、保安事故 15 件と労働災害 35 件を合わせた計 50 件であり、発生件数およびこれに伴う死傷者数の時系列推移は[表 2-1]および [図 2-1]に示すとおりである。

[表 2-1 発生件数および死傷者数の推移 (2004 年－2015 年 9 月)]

	発生件数			死傷者数		
	保安事故	労働災害	計	保安事故	労働災害	計
2004 年	1 件	0 件	1 件	0 名	0 名	0 名
2005 年	0 件	1 件	1 件	0 名	1 名	1 名
2006 年	1 件	1 件	2 件	2 名	1 名	3 名
2007 年	1 件	3 件	4 件	0 名	3 名	3 名
2008 年	0 件	1 件	1 件	0 名	1 名	1 名
2009 年	1 件	3 件	4 件	0 名	3 名	3 名
2010 年	4 件	4 件	8 件	1 名	6 名	7 名
2011 年	4 件	8 件	12 件	3 名	10 名	13 名
2012 年	1 件	7 件	8 件	0 名	7 名	7 名
2013 年	0 件	3 件	3 件	0 名	4 名	4 名
2014 年	1 件	4 件	5 件	18 名	4 名	22 名
2015 年	1 件	0 件	1 件	0 名	0 名	0 名
計)	15 件	35 件	50 件	24 名	40 名	64 名

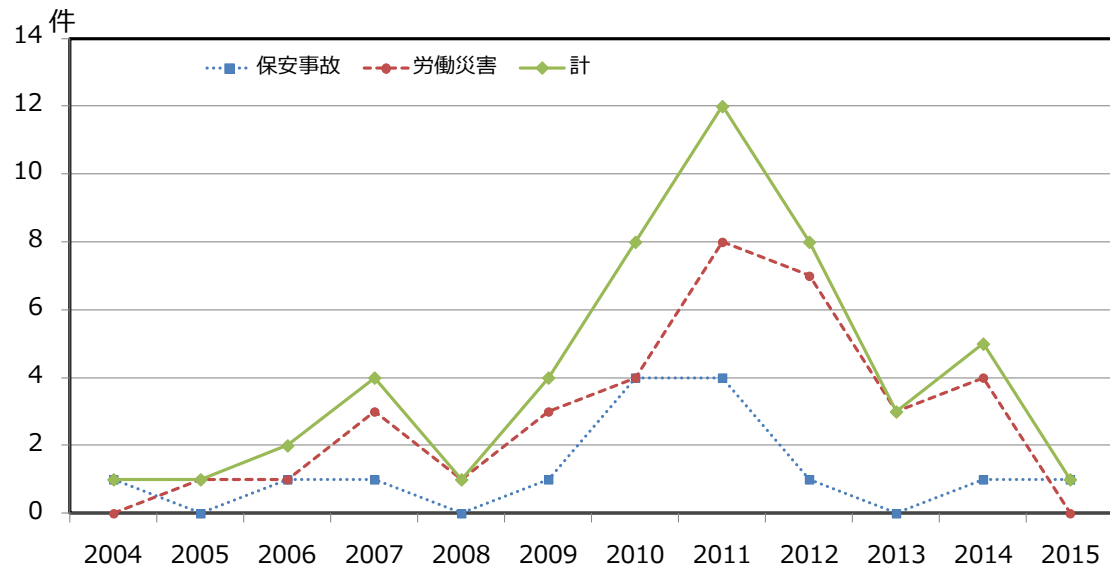
注 1) 昨年度との件数の差異は、新定義による事例の洗い直しの結果によるものである。ま

た、労働災害について、1 社は直近 5 年間分の件数である。

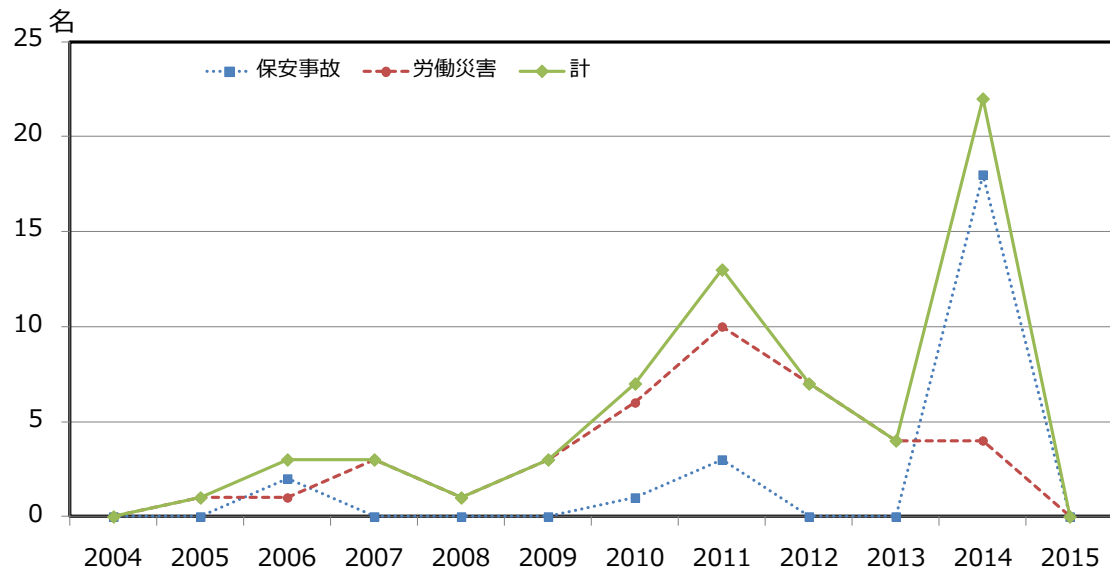
注 2) 1 事例につき、前述の事象分類に基づき、保安事故か労働災害のどちらかに分類した。

[図 2-1 発生件数および死傷者数の推移（2004 年－2015 年 9 月）]

<発生件数の推移>



<死傷者数の推移>

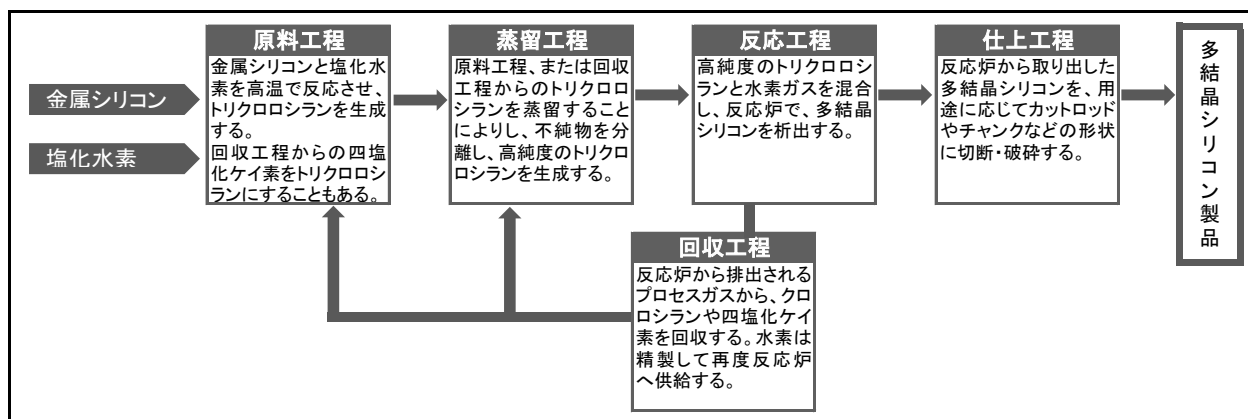


① 工程別の事故等の事象

多結晶シリコン製造工程における潜在危険性を明らかにするため、工程別に、保安事故、労働災害それぞれの発生事象を整理した。

なお、多結晶シリコン製造工程の基本フローは[図 2-2]のとおりである。

[図 2-2 多結晶シリコン製造工程の基本フロー]



【保安事故】（[図 2-3]参照）

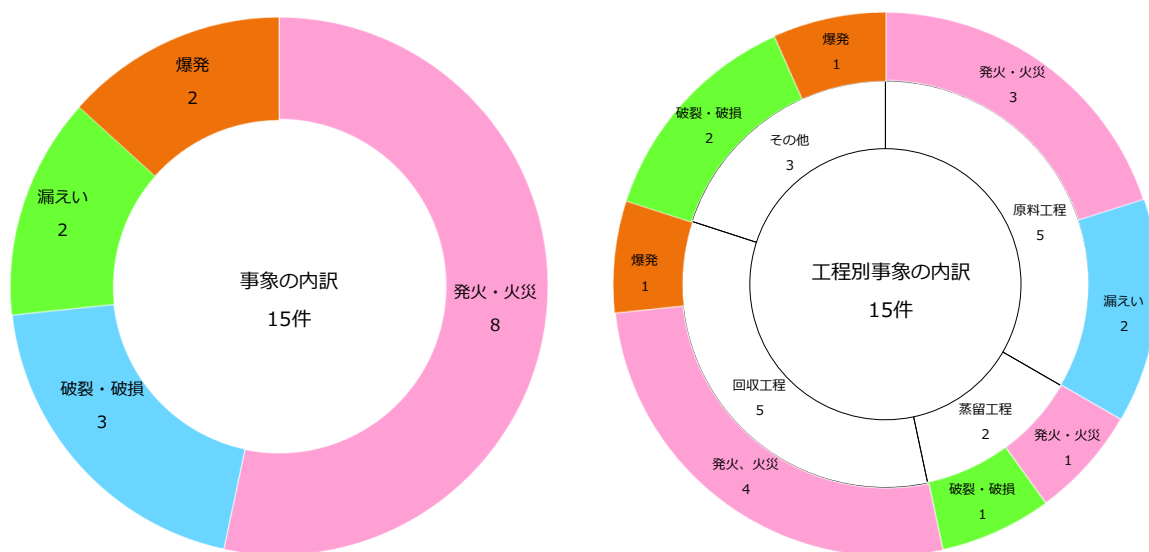
保安事故の事象としては「発火・火災（8件）」が多かった。このうち、原料工程で3件、回収工程で4件発生している。

原料工程の3件（別表1 No. 7、8、15）をみると、いずれの事例も金属シリコン原料と塩酸を反応させる過程で発生する「トリクロロシラン（TCS）」と「水素」が原因物質となっており、通常運転中またはスタートアップ時に発生したものである。

回収工程の4件（別表1 No. 1、2、6、12）をみると、反応工程からのクロロシラン類やクロロシランポリマー類を回収する工程であるため、熱交換器に堆積した「クロロシランポリマー類およびその加水分解生成物」が原因物質となっている事例が3件であり、これらはいずれも熱交換器の開放洗浄作業中に発生したものである。

また、「爆発（2件）」（別表1 No. 13、14）についても、原因物質は「クロロシランポリマー類およびその加水分解生成物」であり、熱交換器の開放洗浄作業中と洗浄後に発生したものである。

〔図 2-3 保安事故の工程別事象（2004 年－2015 年 9 月）〕



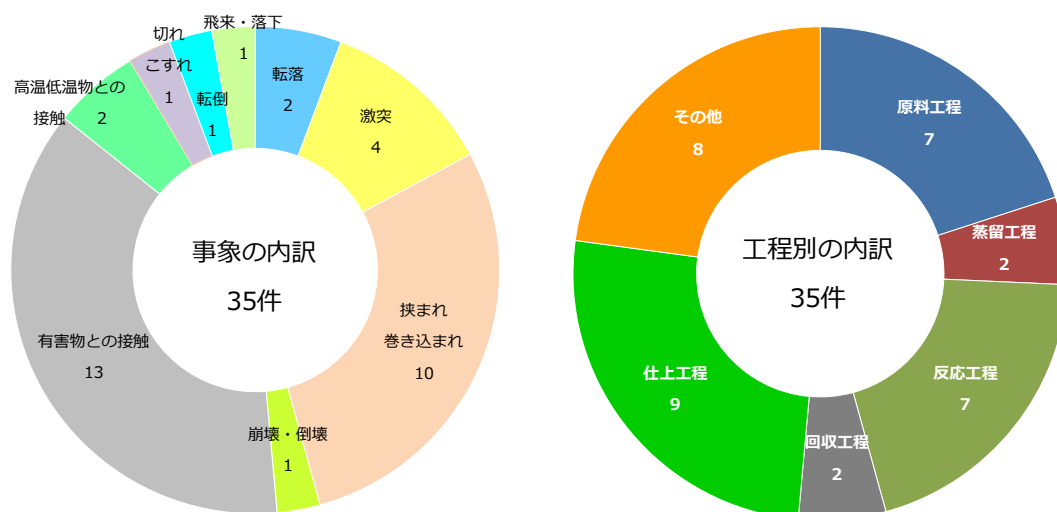
【労働災害】（〔図 2-4〕〔表 2-2〕参照）

労働災害の事象としては「有害物との接触（13 件）」が最も多く、次いで「挟まれ巻き込まれ（10 件）」、「激突（4 件）」の順となっている。工程としては、仕上工程が 9 件であり、次いで、原料工程、反応工程それぞれ 7 件と続き、その他が 8 件であった。

「有害物質との接触（13 件）」の事例をみると、工程との関連性よりも、原因物質および作業内容の組み合わせに類型的な特徴が見られる。即ち、13 件のうち 7 件（別表 2 No. 9、12、15、17、23、24、30）が、「TCS」や「四塩化ケイ素（STC）」、「クロロシランポリマー類」等の製造工程中の生成物質との接触となっている。多結晶シリコン製造工程は、反応工程と仕上工程を除き、完全クローズドであるため、これらはいずれも、配管等の整備中およびサンプリング作業中に発生したものである。また、残りの 6 件（別表 2 No. 8、13、22、26、27、31）は、塩酸等の酸性液またはガスとの接触であり、やはりこちらも配管等の整備作業中に発生したものである。

「挟まれ巻き込まれ（10 件）」の事例をみると、反応工程の 4 件（別表 2 No. 5、25、32、35）は、反応炉周りの機械操作や工具等を使つての作業中に発生したものである。仕上工程の 4 件（別表 2 No. 4、6、21、29）は、多結晶シリコン製品の切断・破碎、洗浄等、作業者が実際の製品を取り扱う工程であることから、4 件のうち 3 件が、製品の横持ちや、それに伴う機械操作中に発生したものである。

〔図 2-4 労働災害の事象・工程別内訳（2004 年－2015 年 9 月）〕



[表 2-2 労働災害の工程別事象の内訳（2004 年－2015 年 9 月）]

（単位：件）

	原料 工程	蒸留 工程	反応 工程	回収 工程	仕上 工程	その他	計
転落	1	0	0	1	0	0	2
激突	1	0	0	0	1	2	4
挟まれ巻き込まれ	0	0	4	0	4	2	10
崩壊・倒壊	0	0	1	0	0	0	1
有害物との接触	4	2	0	1	3	3	13
高温低温物との接触	0	0	2	0	0	0	2
飛来・落下	1	0	0	0	0	0	1
転倒	0	0	0	0	0	1	1
切れ・こすれ	0	0	0	0	1	0	1
計)	7	2	7	2	9	8	35

② 工程別の間接要因

多結晶シリコン製造工程における安全確保のための具体的な対策を明らかにするため、事故等事例の間接要因を、「安全管理（設備）」「安全管理（マニュアル）」「安全教育」「危険性知識」の4つに分類する方法で整理した。

なお、「安全管理（設備）」は、事故等の発生した当該設備自体に問題点があり、事後に改造等を行ったものとし、「安全管理（マニュアル）」は、作業や操作の方法、手順に問題点があったものとした。「安全教育」は、作業従事者に対して、作業標準やマニュアル類、物質の危険性などに関する教育が不十分であったものとした。「危険性知識」は、危険性に関する知見が不足していたため、安全管理や安全教育が不十分であったものとした。

また、1事例につき、例えば「安全管理（設備）」と「安全管理（マニュアル）」など、複数の間接要因が挙げられる場合もある。

【保安事故】（[表 2-3]参照）

保安事故事例 15 件について、30 点の間接要因が挙げられた。

「安全管理（設備）（7 件）」の内訳は、部品の機能・材質選定の問題が 6 件（別表 1 No. 1、4、7、8、9、11）と、機器の設計上の問題が 1 件（別表 1 No. 5）となっている。

「安全管理（マニュアル）（10 件）」の内訳は、運転条件の見直しを要したものの 6 件（別表 1 No. 2、3、7、8、10、15）と、作業手順の変更を要したものの 4 件（別表 1 No. 4、12、13、14）となっている。

「安全教育（9 件）」は、いずれも作業者に対する作業手順・運転方法の周知が不十分または理解不足があったもので、対策として再教育を実施したものとなっている。

「危険性知識」の 4 件は、いずれも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ていたものとなっている。

〔表 2-3 保安事故の工程別間接要因（2004 年－2015 年 9 月）〕

（単位：件）

	原料 工程	蒸留 工程	反応 工程	回収 工程	仕上 工程	その他	計
安全管理（設備）	4	1	0	1	0	1	7
安全管理（マニュアル）	3	2	0	3	0	2	10
安全教育	1	1	0	4	0	3	9
危険性知識	0	0	0	3	0	1	4
計)	8	4	0	11	0	7	30

【労働災害】（〔表 2-4〕参照）

労働災害事例 35 件について、50 点の間接要因が挙げられた。

「安全管理（設備）（7 件）」の内訳は、機器・設備の安全配慮が不十分 5 件（別表 2 No. 4、14、16、28、32）と、機器のメンテナンスが不十分 2 件（別表 2 No. 1、5）となっている。

「安全管理（マニュアル）（12 件）」の内訳は、作業手順書等の不備 7 件（別表 2 No. 6、7、10、13、21、32、34）、作業手順上の注意不足 3 件（別表 2 No. 2、3、15）、作業手順書等の順守不足 2 件（別表 2 No. 26、30）となっている。

「安全教育（31 件）」の内訳は、K Yや危険性認識の不足 24 件（別表 2 No. 1、3、4、5、6、7、9、11、12、14、15、16、17、18、20、21、22、23、25、27、29、32、33、35）と、作業手順・運転方法の周知が不十分または理解不足 7 件（別表 2 No. 8、13、19、24、26、30、31）があったもので、対策として教育を実施したものとなっている。

なお、「危険性知識」は、労働災害の間接要因としては挙げられなかった。

〔表 2-4 労働災害の工程別間接要因（2004 年－2015 年 9 月）〕

（単位：件）

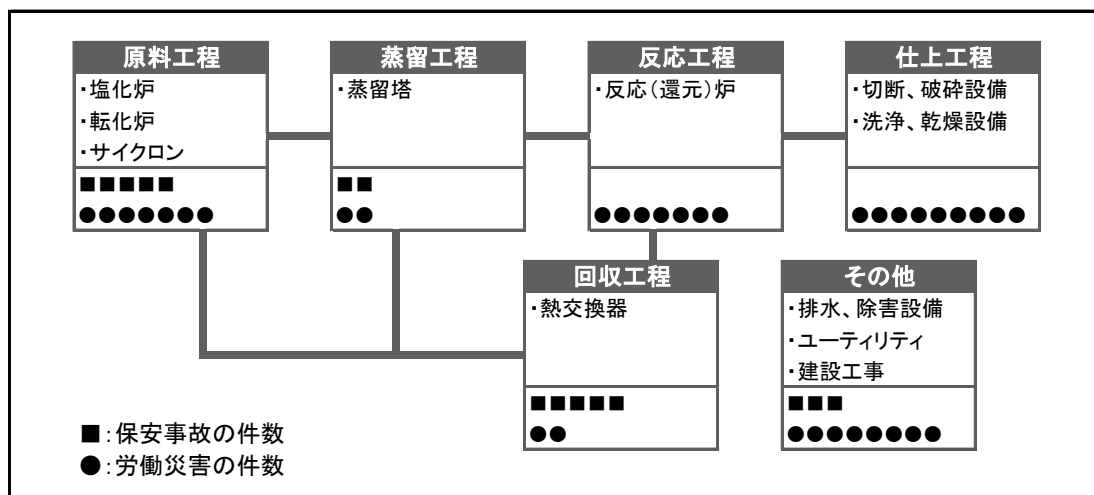
	原料 工程	蒸留 工程	反応 工程	回収 工程	仕上 工程	その他	計
安全管理（設備）	1	0	2	0	2	2	7
安全管理（マニュアル）	1	2	3	1	2	3	12
安全教育	7	2	6	2	9	5	31
危険性知識	0	0	0	0	0	0	0
計)	9	4	11	3	13	10	50

(2) 潜在危険性と安全対策の整理

① ハザードマップ

前項の「① 工程別の事故等の事象」および「② 工程別の間接要因」の整理に基づき、工程プロセス上に事例の数と事象等をプロットし、[図 2-5]のとおり、多結晶シリコン製造工程に関するハザードマップを作成した。

[図 2-5 ハザードマップ (2004 年－2015 年 9 月)]



② 工程別ハザードおよびその安全対策のまとめ

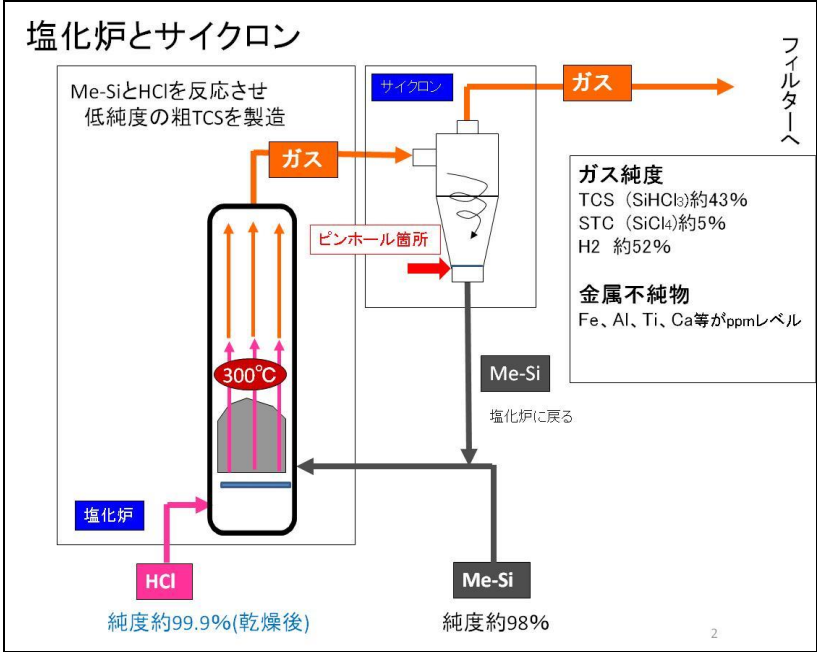
工程別のハザードおよびそのハザードに対する代表的な安全対策を整理することにより、潜在危険性とそれに対する安全性確保のための施策・注意すべき点を、[表 2-5]のとおり取りまとめた。

[表 2-5 多結晶シリコン製造における潜在危険性と安全対策（2004 年－2015 年 9 月）]

工程	ハザード		安全対策
	保安事故	労働災害	
原料工程	1) TCS、水素等の漏洩、発火 2) 酸による腐食、漏洩	1) TCS、酸等との接触による薬傷 2) 機械操作ミス、高所作業による転落、激突	安全管理（設備）：部品等の摩耗・腐食対策 安全管理（マニュアル）：点検の実施 安全教育：KYの徹底
蒸留工程	1) TCS、水素等の漏洩、発火	1) TCS 等との接触による薬傷、酸の吸引	安全管理（設備）：部品等の材質選定 安全管理（マニュアル）：作業手順、運転条件の見直し 安全教育：KYの徹底、適正な防具の着用
反応工程		1) 機械操作ミス、ロッド取り出し等による挟まれ 2) ロッドの倒壊 3) 高温物との接触	安全管理（設備）：器具等の改善 安全管理（マニュアル）：作業手順、操作方法の見直し 安全教育：KYの徹底、適正な防具の着用
回収工程	1) TCS 等の漏洩、発火 2) クロロシランポリマー類加水生成分解物の発火、爆発	1) クロロシランポリマー類加水生成分解物との接触	安全管理（設備）：部品等の腐食対策 安全管理（マニュアル）：作業手順、メンテナンス頻度の見直し 安全教育：KYの徹底、適正な防具の着用 危険性知識：発火、爆発危険性に関する教育、作業標準の改訂
仕上工程		1) 機械、装置への挟まれ、激突 2) 製品搬送時の挟まれ 3) 酸との接触による薬傷 4) シリコン片との接触による切れ	安全管理（設備）：器具、作業環境等の改善 安全管理（マニュアル）：作業手順、操作方法の見直し、治具の導入 安全教育：KYの徹底、適正な防具の着用
その他	1) 廃棄物処理、サンプリング、排水処理等における TCS、クロロシランポリマー加水分解生成物の発火、爆発	1) 建設工事、整備作業等における挟まれ、激突 2) 除害処理、液充填における挟まれ、TCS 等との接触	安全管理（設備）：器具、作業環境等の改善 安全管理（マニュアル）：作業手順の見直し 安全教育：KYの徹底、適正な防具の着用

(3) 事例分析

保安事故事例（別表 1 No. 15）を取り上げ、以下のとおり事例分析を行った。

No.	15（保安事故）
発生日時	2015 年 2 月 24 日 9:10
発生場所・工程	第 2 塩化棟・原料工程
発災工程分類	サイクロン
事故発生概要	塩化炉に付帯するサイクロン下部フランジ部付近より、白煙と火炎が発生、ただちに設備を停止した。幅 2cm・長さ 5cm ほどの火炎が約 15 分間継続し、機器内部へ窒素投入し消火した。 
1	発災工程 通常運転中 プロセス条件 原料工程では、塩化炉にて金属シリコンと塩酸を反応させ、粗 TCS ガスを製造する。サイクロンは粗 TCS ガスを旋回させることにより、ガスに含まれる未反応の金属シリコンを除去する設備である。 今回は、通常運転中に、サイクロンのピンホールから、ガス（水素および TCS 混合物）が漏洩し着火したものである。 塩化炉とサイクロン  Me-SiとHClを反応させ 低純度の粗TCSを製造 塩化炉 HCl 純度約99.9%(乾燥後) 300°C ガス サイクロン ピンホール箇所 Me-Si 塩化炉に戻る Me-Si 純度約98% ガス フィルターへ ガス純度 TCS (SiHCl₃)約43% STC (SiCl₄)約5% H₂ 約52% 金属不純物 Fe、Al、Ti、Ca等がppmレベル 2

4	人的被害	なし
	物的被害	該当サイクロン
5	直接要因	当該サイクロン下部内側部分は、摩耗対策として超硬材料を内面に焼結していた。ピンホールが発生した原因は、溶接部の肉盛または曲げ加工時の超硬部の割れにより、その前後でシリコン粒子の乱流・渦流が発生し、局所的な摩耗が生じたものと推定される。  ピンホールからガスとともに漏出したシリコン粒子に、摩擦、衝突による静電気が帯電し、接地されているサイクロン本体または金属製外装板との間に火花放電が発生し、水素に着火したと推定される。
	間接要因	①サイクロンは運転時間 2500 時間毎に厚み測定を行っていた。当該サイクロンは前回測定時に 1.4mm の摩耗が生じていたが、使用判定基準（超硬材料の残っていること）を満たしていたため、継続使用していた。余寿命管理を行っていなかったため、次回測定（5000 時間）前の 3800 時間に達した時点でピンホールが発生していた。 ②2500 時間の点検で目視は行っていたが、写真等の記録がなかった。また、設備を取り外し、清掃をせずに点検を行うため、見づらい状態であった。 ③ノギスによる測定であったため、測定者による誤差が大きかった。 ④ノズル口元しか測定していなかった。 ⑤改造・更新時の受入検査において、内面の検査を行っていなかった。 ⑥再使用判定が担当者の判断によるものであった。 ⑦超硬材料による摩耗対策を採用した 2002 年以降、サイクロンは 1 万時間以上の使用実績があったことから、3800 時間で摩耗が進むはずがないとの思い込みがあった。
安全対策		①点検間隔を 1000 時間毎に変更する。また、測定結果から次回点検予定時の残肉量を推定し、基準値を下回れば、補修・取り換え等の対策を実施する。 ②偏摩耗の目視、触診による確認を行う。 ③肉厚測定をノギスから超音波肉厚測定器に変更する。 ④肉厚測定する測定点を設定し、傾向管理を実施する。 ⑤再使用判定の際に複数部署によるチェックを行う体制とする。

【考察】

事故が発生したサイクロンは、流動床型の反応炉で反応させて得られたガス（水素、トリクロロシラン等の混合ガス）から未反応の金属シリコン粒子を除去する設備であり、内部に可燃性の気体および液体を有する。また、金属シリコン粒子とこの可燃性ガスが混在する状態となる類似設備として、転化炉のサイクロンやフィード配管が挙げられる。

この可燃性の気体および液体は、大気中の水分と接触すると白煙を発生し、着火源があれば発火に至る。

したがって経年劣化等による設備のピンホールや亀裂等への対策として、設備によってはカバー取り付け等の物理的対策、流速低下等の運転条件の調整が行われるが、基本的には、定期点検による摩耗状況の確認作業を実施し、その際に次回点検時までの摩耗状況を予測することが継続使用の判定可否に重要なポイントとなる。

設備導入前に安全性評価（リスクアセスメント）を行い、その評価結果に基づき、測定点の決定（摩耗箇所の推定）、測定装置の検討（測定精度）、設備受入時検査の実施（基準値の設定）、点検周期、継続使用の可否判定方法（摩耗の推定、判定者等）等、十分留意し、作業手順を定める必要がある。

また運転条件によっては、偏摩耗等のように摩耗状態が変動することも考えられるため、運転条件変更時も事前に安全性評価（リスクアセスメント）を行い、その評価結果に基づき、作業手順の修正を行う必要がある。

3. 多結晶シリコン製造事業者の取組み（フォローアップ）

昨年より、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、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や、自主保安向上に向けた諸施策を実施してきた。2015年度における各社の新たな取組みを紹介する。

（1）非定常作業の現状把握と作業手順書作成の徹底

非定常作業における安全性を再確認するため、次の対策を実施した。

- ① 事前ミーティングの実施と安全作業マニュアルの確認
- ② 事前KYの実施
- ③ 上記実施結果に基づく手順書の作成
- ④ 上長による確認と関係者全員への周知徹底
- ⑤ 途中で作業変更があった場合は再度上記①～④を行う。

（2）活性な物質を取り扱う作業の再調査

活性な物質に対して正しい認識を持ち、適切な作業方法を確実に立案するため、取り扱っている活性な物質についての現状を把握し、その危険性を再評価した。

- ① 活性な物質の取り扱いに関する現状把握と危険性評価
- ② 工場および設備内滞留物の抽出とその危険性評価
- ③ 上記①②についての教育

（3）リスクアセスメント活動

上記（2）の活動における危険性の評価については、実際の事故状況から想定される危険要因（ハザードシナリオ）と適合している事が重要なポイントとなるため、実作業における爆発・火災・異常燃焼等のリスクアセスメントを2015年度より実施中である。

- ① ハザードシナリオの作成
- ② リスクマトリックスによる評価
- ③ 安全対策によるリスク低減
- ④ ハザードシナリオの定期見直し

【今後の取組み】①～③を2015年度に完了させ、その後、④を2016年度より継続実施する。

（4）従業員のマインド向上

従業員のマインド向上を目的として、次の施策を講じている。

- ① 安全褒章制度の新設

従来の安全ルールの誤認、軽視および違反に対する警告制度を見直し、新たに褒章

制度を取り入れた制度設計とした。褒章については、安全宣言の達成、一人KY、ヒヤリハット提出件数等の基準により、未然防止、水平展開に係る優れた取組みに対して表彰を行うもので、安全活動へのモチベーション向上を図る。

【今後の取組み】毎年1月から12月までの事業所・個人の活動実績等の中から、最優秀賞および優秀賞を選考し、4月に表彰式を実施する。

② 「あるべき姿」および行動基準の制定

以下に示すとおり、スローガンとして「あるべき姿」を掲げ、これに基づき従業員の行動基準10カ条を制定した。

【今後の取組み】各職場に掲示し、朝礼での読み合わせ、会議、集会での唱和を実施しており、今後も継続する。

<あるべき姿>

「災害ゼロから危険ゼロ」を目指して、すべての人から信頼される工場を作ります

<行動基準10カ条>

1. 自身の職務を責任と誇りをもって遂行します
2. 職場と自らの将来の姿を思い描き、その実現に向けて、努力します
3. 自ら感じ、自ら学び、自ら考え、自ら提案し、組織と自分自身の成長を認識できる職場をつくれます
4. 誰もが改善を提案し、実現できる職場の雰囲気作りに努めます
5. 発生した問題は、現場、現物、現象で把握し、原因を解析し、真因を追究し、リスクを明確にします
6. 危険物質に対し、工場全体で正面から対峙し、対策からフォローまで徹底して取り組みます
7. リスク対策の立案には、2次リスクも考慮し、関係者全員が協力して、対策を実行します
8. 重要な情報は文書化し、工場内で共有します
9. 決めた事と決められた事は、全員で共有して、徹底して貫きます
10. 環境保全、防災保安に努め、地域社会に貢献します

(5) 定期的な情報交換の場の設定

経営トップから現場最前線にわたる風通しの良い組織づくりを目指して、本社、事業所、グループ会社が参加する「グループ安全会議」を開催している。

(6) 監視機能の強化

各実施部署の取組みをより実効的なものにするため、以下の施策により、社内の監視および監査の機能を強化した。

- ① グループ会社の各事業所に安全指導員・監督員を配備
- ② 工場長および安全衛生委員等による安全パトロールを実施
- ③ 本社の防災保安部署により、高圧ガス・危険物取扱に伴う爆発・火災リスクアセス実施状況に関する監査を実施
- ④ 内部安全衛生委員の増員および内部安全監査の実施

(7) 外部コンサルタントの起用

外部専門コンサルタント（一般社団法人日本労働安全衛生コンサルタント会より派遣された労働衛生コンサルタント、労働安全コンサルタント）を起用し、グループ会社の重点活動場所（重大災害発生事業所、労働安全衛生法 78 条に基づく指定事業所等）を対象として、現場診断・指導を実施する。

【今後の取組み】指導後のフォローアップおよび PDCA サイクルによる改善活動を継続して行う。

4. 希土類製造業における保安事故・労働災害の実態と安全対策

(1) 趣旨

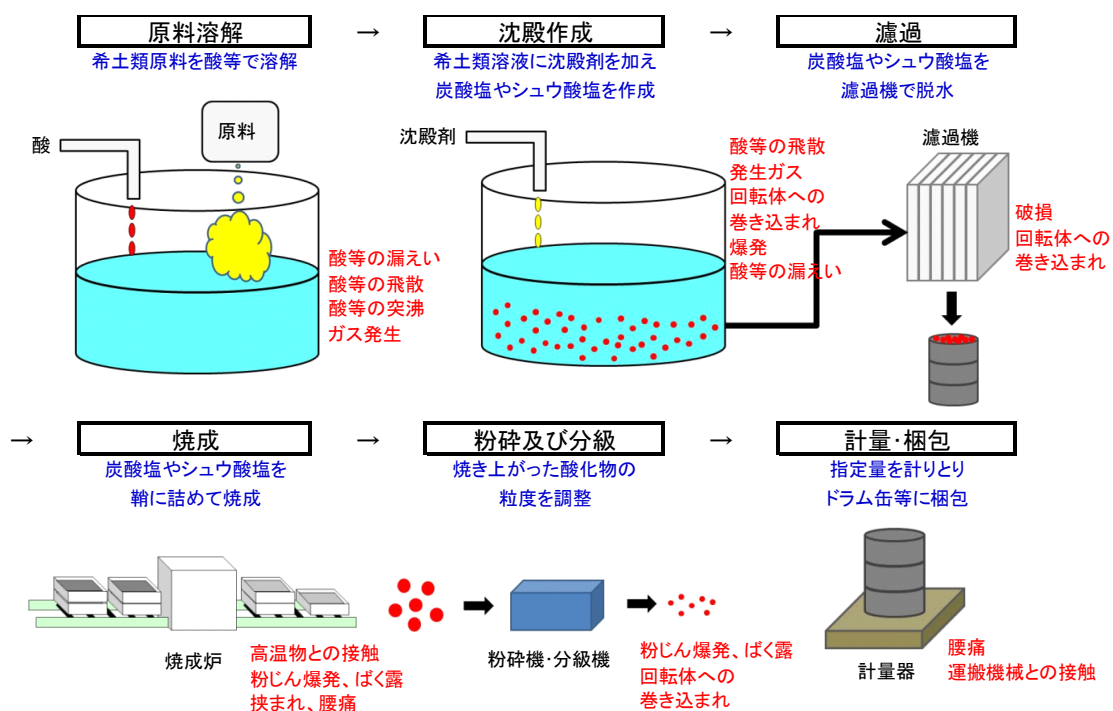
希土類製造業は、「ケミカル製造」と「金属・合金製造」に大別され、製造フローは〔図 2-6〕および〔図 2-7〕にそれぞれ示すとおりである。今回の実態調査は、それぞれの製造工程における潜在ハザードを整理し、取扱い上の留意事項および効果的な安全対策を示すことにより、会員企業をはじめ、ユーザー等関係者の安全確保に資することを目的とし、以下の活動を実施するものである。

- ① 希土類製造業における保安事故および労働災害について事故事例等の掘り下げを行い、安全性の向上を図る。
- ② 事故事例およびリスクの収集、統計処理、解析を実施し、それらに対し安全教育等の対策を実施する。
- ③ 希土類製品の使用上の注意事項／ガイドラインの見直しと改訂を実施し、希土類製品を使用する顧客にも周知徹底を図る。
- ④ 希土類部会において実施した安全性の向上について、昨年度同様に協会内で横展開を図る。

〔図 2-6 ケミカル製造フロー〕

ケミカル製造は希土類原料から希土類酸化物を製造するものである。希土類原料を溶解、沈殿させて、炭酸塩やシュウ酸塩を作成する。これを濾過機で脱水し、濾過（脱水）ケーキを電気炉等で焼成し、粉碎・分級する流れとなっている。

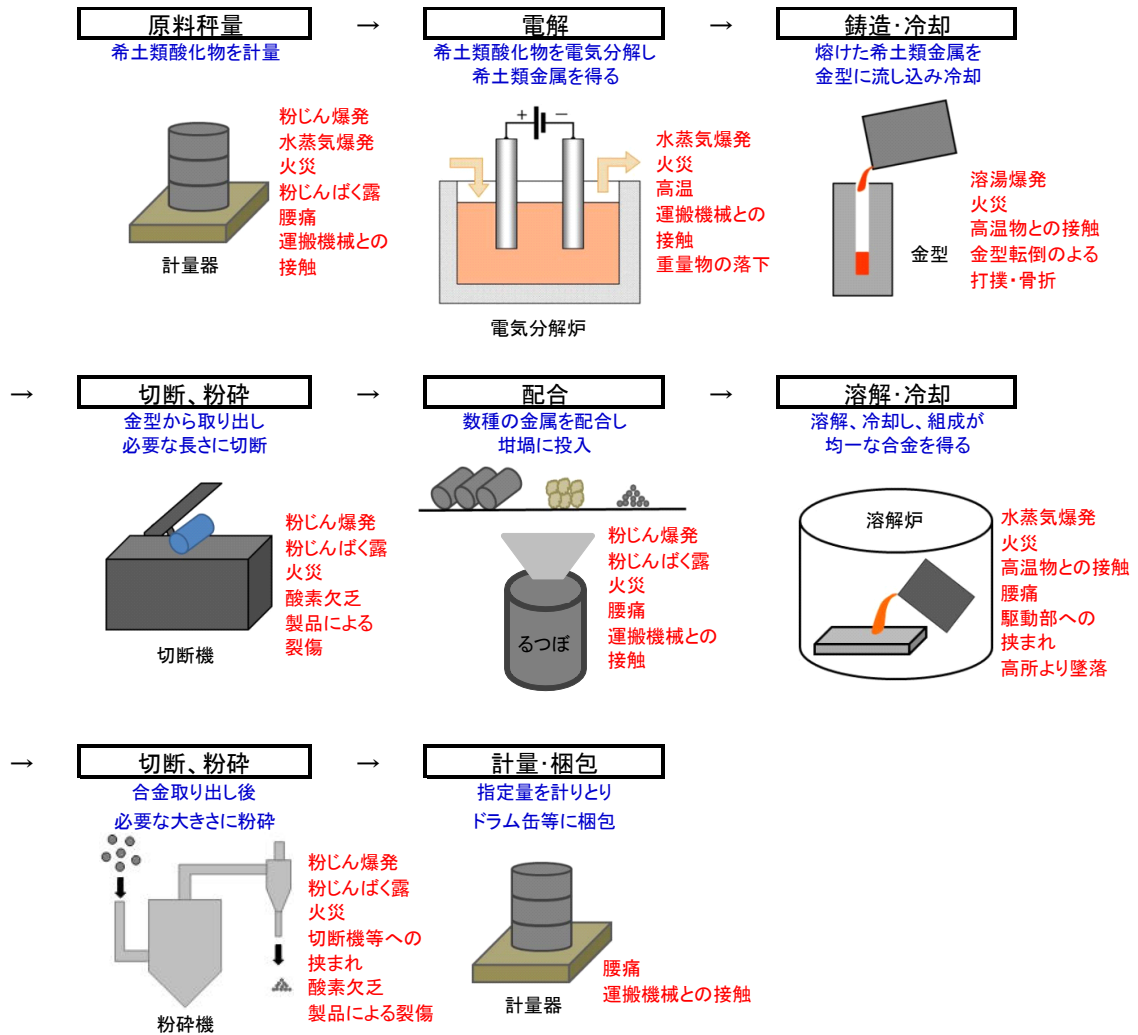
※赤字は各工程で想定されるハザード



[図 2-7 金属・合金製造フロー]

金属・合金製造は希土類酸化物から希土類金属を製造するものである。原料の希土類酸化物などを電気分解し、鑄造・冷却により希土類金属を製造する。合金製造では、さらに数種の金属を配合し、溶解炉にて合金を製造する流れとなっている。

※赤字は各工程で想定されるハザード



(2) 希土類製造業における保安事故・労働災害の実態調査

今年度、希土類部会 8 社の過去 10 年間（2005 年～2014 年）の保安事故・労働災害の実態調査を実施した。今回収集した保安事故の事例は別表 3 に、労働災害の事例は別表 4 にそれぞれ示すとおりである。統計・整理の母数となる事故事例等の件数は、保安事故 7 件と労働災害 52 件（対象期間中に発生したもの）を合わせた計 59 件である。

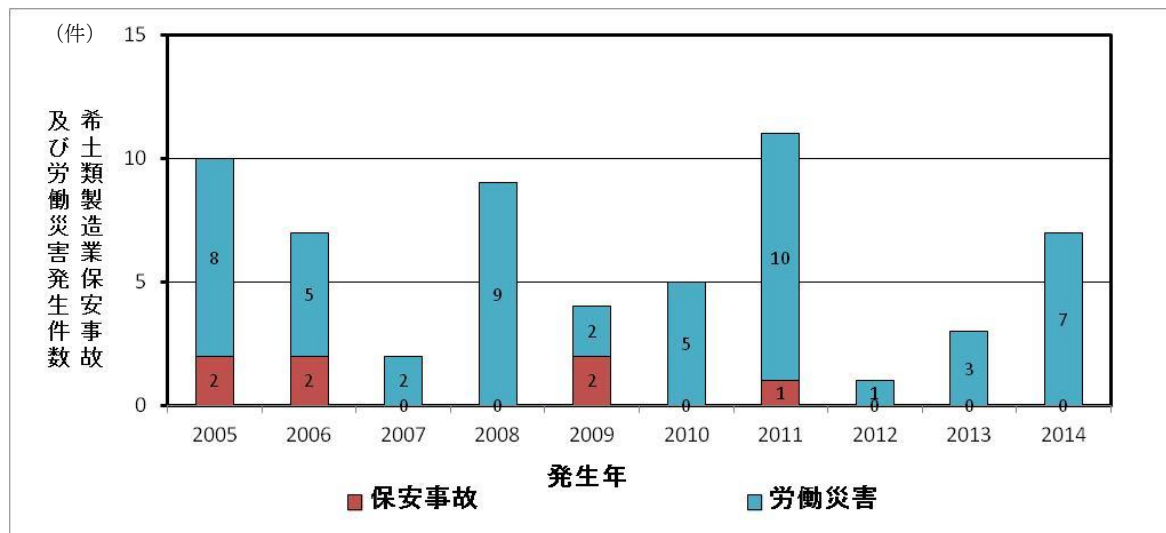
① 保安事故・労働災害の発生状況（2005 年～2014 年）

ア) 年別「保安事故」「労働災害」発生件数および死傷者数（[図 2-8][図 2-9]参照）

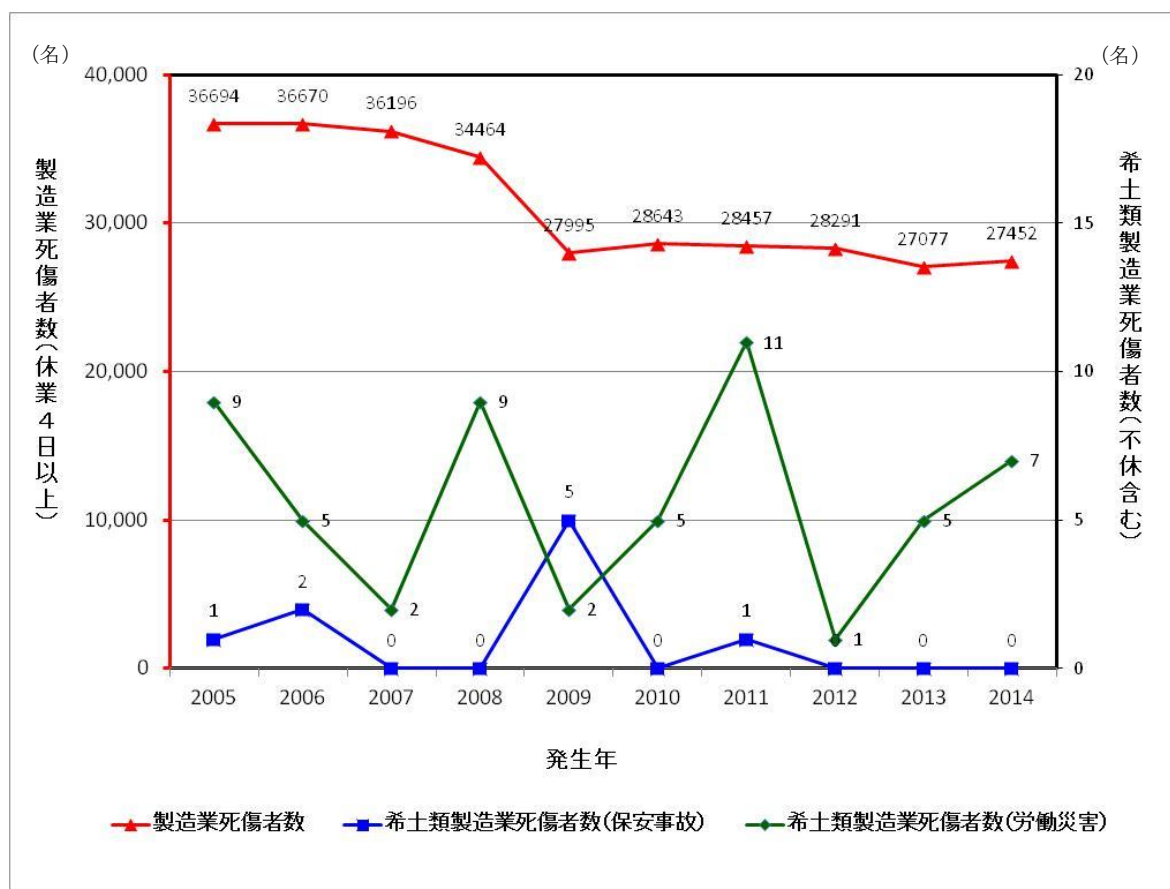
まず、年別発生件数については、調査母数が少ない中ではあるが、この 10 年間において、発生件数が減少しているとは言い難い状況にある。また、発生年別死傷者数についても、全国製造業の死傷者数が 2009 年以降減少傾向にあるものの、希土類製造業では横ばい状態である。

希土類製造業は、2008 年のリーマンショックや、2010 年の尖閣諸島問題に端を発した中国の実質的な希土類輸出規制により、当該時期における生産量が極端に減少したが、死傷者数、発生件数とも、生産量減少の影響は見受けられない。この原因として、輸入量の減少による原料の変更や、リサイクルの増加による工程変更などが影響している可能性が考えられる。

〔図 2-8 年別「保安事故」および「労働災害」の発生件数（2005 年～2014 年）〕



[図 2-9 発生年別死傷者数（2005 年～2014 年）]

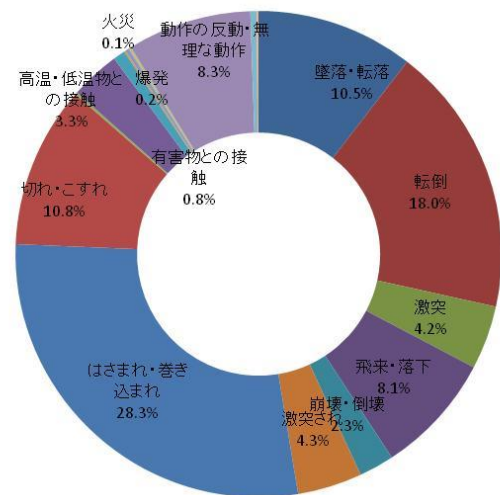
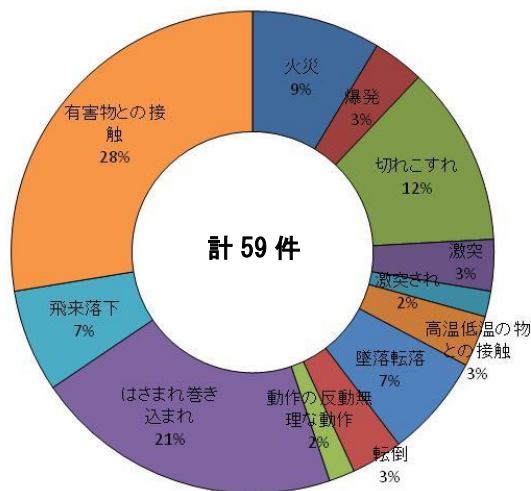


イ) 事故型別「保安事故」および「労働災害」発生割合（[図 2-10][図 2-11]参照）

事故型別発生割合については、保安事故では希土類特有の火災、爆発の割合が高く
なり、また、労働災害では、薬品使用による有害物（酸、アルカリ等）との接触の割
合が高くなっている。

[図 2-10 希土類製造業の事故型別発生割合
(2005 年～2014 年)]

[図 2-11 国内全製造業の事故型別死傷災害
発生割合 (2014 年単年)]



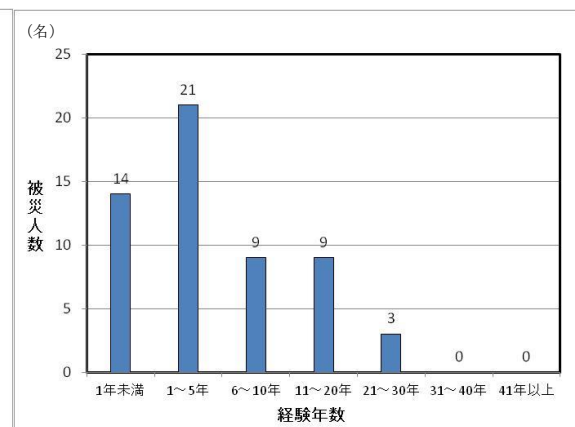
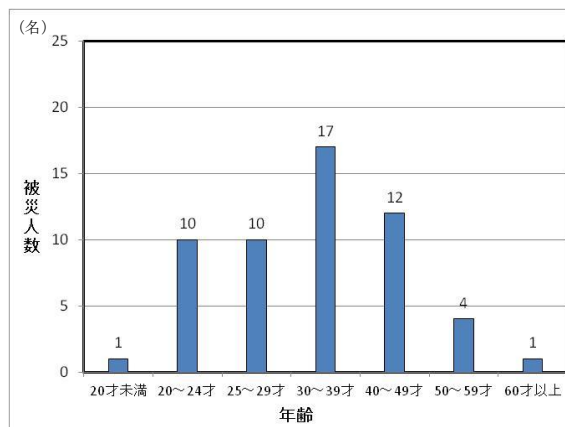
引用：厚生労働省「業種、事故の型別死傷災害発生状況（平成 26 年）」

ウ) 年齢および経験年数別 労働災害死傷者数（[図 2-12][図 2-13]参照）

経験年数別死傷者数については、経験年数の短い作業者の事故率が高くなっている。

[図 2-12 年齢別労働災害死傷者数
(2005 年～2014 年)]

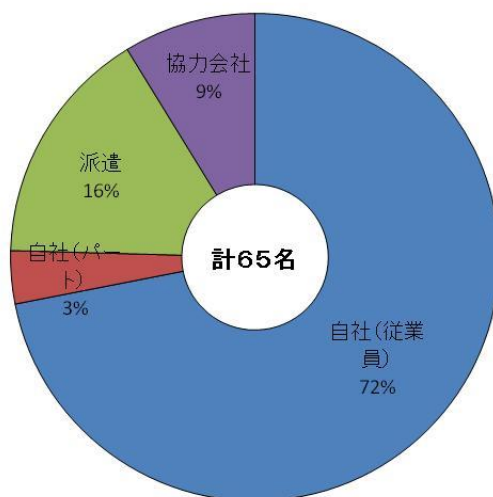
[図 2-13 経験年数別労働災害死傷者数
(2005 年～2014 年)]



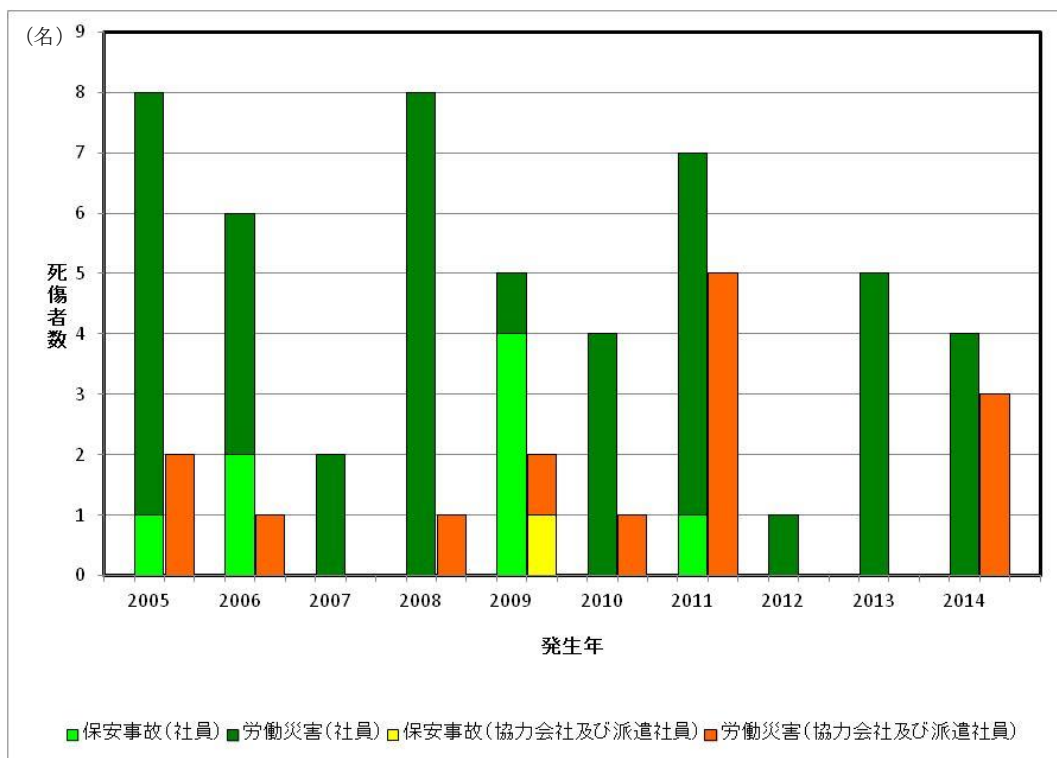
エ) 雇用形態別「労働災害」発生割合（〔図 2-14〕〔図 2-15〕参照）

雇用形態別発生割合について、希土類製造業においては派遣社員の事故比率が全体の 4 分の 1 を占めており、特にここ数年、派遣社員の事故比率が高くなっている。これは雇用形態のみならず、前述の経験年数との関係性も考えられる。

〔図 2-14 雇用形態別死傷者数割合（2005 年～2014 年）〕



〔図 2-15 雇用形態別「保安事故」および「労働災害」における死傷者数（2005 年～2014 年）〕



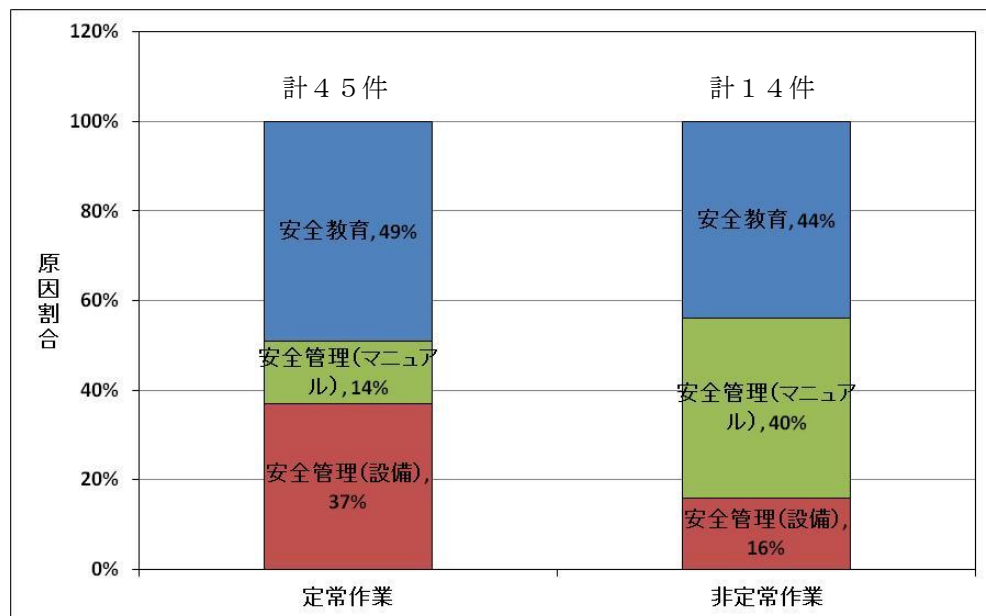
オ) 原因別「保安事故」および「労働災害」発生割合（[図 2-16] 参照）

原因別発生割合について、安全教育が、定常作業で 49%、非定常作業でも 44%と一番高い割合を占めている。教育が不十分であることが作業者の安全意識の欠如につながり、災害を誘発させていると考えられることから、作業環境に適合した安全教育（KYT、ヒヤリハット、危険擬似体験等）を繰り返し実施することが必要である。

安全管理（マニュアル）が原因となった割合は定常作業の 14%に対し、非定常作業では 40%と約 3 倍となっている。非定常作業における作業・操作方法、手順についてのマニュアル類整備を進めることが必要と考えられる。

また、定常作業では安全管理（設備）が原因となった割合が 37%を占めている。個々の事故事例を参考に、自社設備に係るリスクアセスメントを実施し、ハード面の安全対策を進めることが必要であると考えられる。

〔図 2-16 原因別「保安事故」および「労働災害」発生割合（2005 年～2014 年）〕



② 製造プロセスにおける工程別事故型別保安事故および労働災害の発生状況

ケミカル製造工程および金属・合金製造工程の工程別、事故型別の保安事故・労働災害発生状況は以下のとおりである。

ア) ケミカル製造工程（[表 2-6] [図 2-17] 参照）

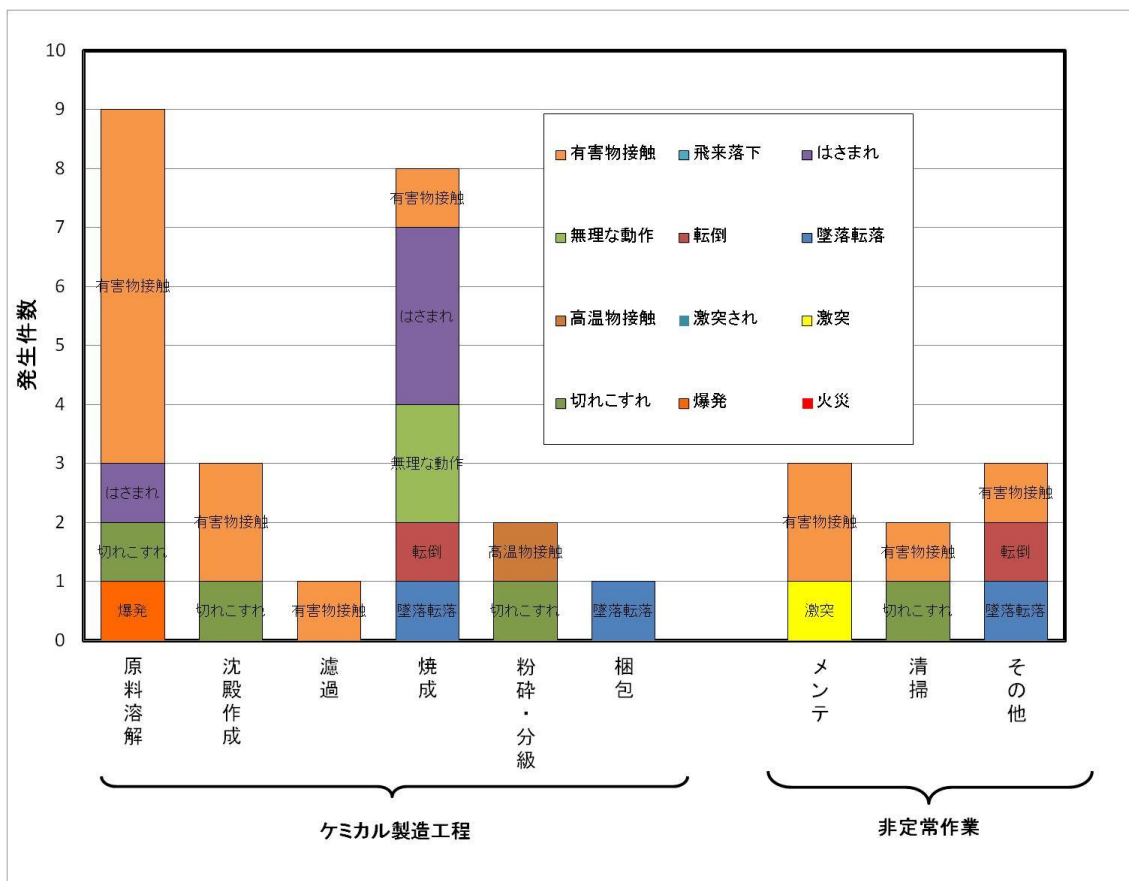
ケミカル製造工程での保安事故は原料溶解中の爆発事故の 1 件だけであり、残り 32 件が労働災害となっており、その中でも原料溶解、焼成工程での発生件数が多くなっている。また、[表 2-6]に示すとおり、原料溶解（工程）－有害物との接触（事故型）の組み合わせによる事故等を想定しているものの、実際に 6 件もの労働災害が発生していることから、より一層の安全対策が必要であると考えられる。

[表 2-6 ケミカル工程別事故型発生件数（2005 年～2014 年）]

		保安事故					労働災害													小計	中計	合計
	工程名	火災	爆発	破裂破損	漏えい噴出	その他	切れこすれ	激突	激突され	高温低温の物との接触	墜落転落	転倒	動作の反動無理	はさまれ巻き込まれ	飛来落下	有害物との接触	その他	交通事故	分類不能			
定常作業	原料溶解		1		*		1							1		6				9	25	
	沈殿作成		*		*		1									3	*			4		
	濾過			*												1				1		
	焼成			*							1	1	2	3		1				8		
	粉碎・分級						1			1				*						2		
	梱包										1											
非定常作業	メンテ							1								2				3	8	
	清掃						1									1				2		
	その他(移動中、運搬中等)					*					1	1				1				3		
小計		0	1	0	0	0	4	1	0	1	3	2	2	4	0	15	0	0	0			
中計		1					32															
合計																						33

※ 黄色塗りつぶしセル（*印）は、想定リスクを示したものの。（別表 3 および別表 4 を参照）

[図 2-17 ケミカル工程別事故型発生件数（2005 年～2014 年）]



イ) 金属・合金製造工程（〔表 2-7〕〔図 2-18〕 参照）

金属・合金製造工程での保安事故は、各種工程での火災、爆発が 6 件、残り 20 件が労働災害で、ケミカル製造工程に比べ保安事故の割合が高くなっている。

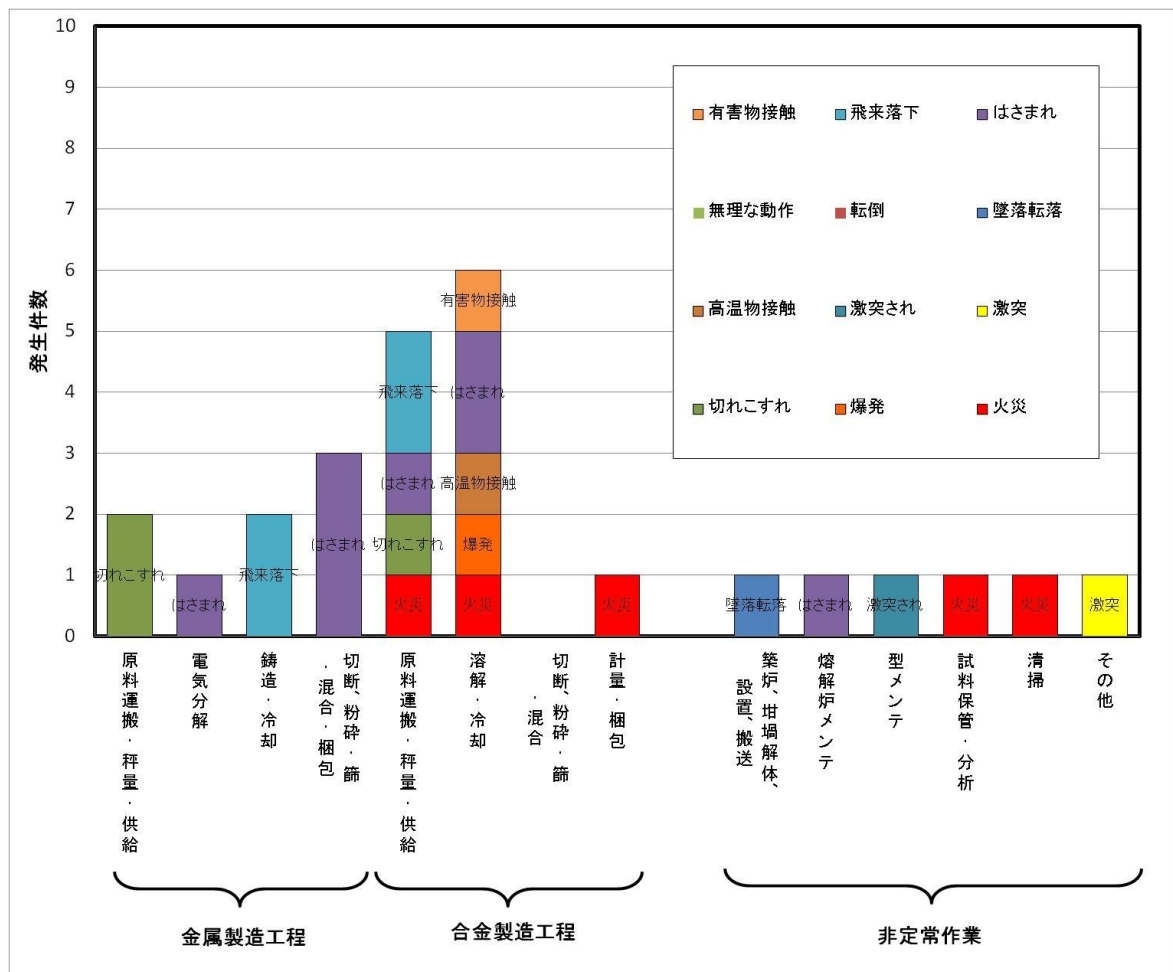
また、〔表 2-7〕に示すとおり、想定していた工程一事故型とは別の組み合わせでの事故等が発生している。これは想定リスクへの対策を実施しているものの、災害の程度（重篤度）が低いものについては、対策の優先度が低くなっていると考えられる。再度、リスクアセスメントを実施の上、発生頻度も考慮し、災害の程度の低いものに対しても適切な対策を講じる必要があると考えられる。

〔表 2-7 金属・合金工程別事故型発生件数（2005 年～2014 年）〕

		保安事故					労働災害													小計	中計	合計	
	工程名	火災	爆発	破裂破損	漏えい噴出	その他	切れこすれ	激突	激突され	高温低温の物との接触	墜落転落	転倒	動作の反動無理な動作	はさまれ巻き込まれ	飛来落下	有害物との接触	その他	交通事故	分類不能				
定常作業	原料運搬・秤量・供給	*					2													2	20		
	電気分解		*											1						1			
	鑄造・冷却														2					2			
	切断、粉碎・篩・混合・梱包													3						3			
	原料運搬・秤量・供給	1*					1							1	2					5			
	溶解・冷却	1	1	*						1				2		1						6	
	切断、粉碎・篩・混合																			0			
	計量・梱包	1																		1			
非常作業	築炉、坩堝解体、設置、搬送										1									1	6		
	熔解炉メンテ													1						1			
	型メンテ								1											1			
	ロール研磨																			0			
	高所作業																			0			
	サンプル保管・分析	1																		1			
	清掃	1																		1			
	集塵機	*																		0			
	その他(移動中、運搬中等)							1												1			
小計		5	1	0	0	0	3	1	1	1	1	0	0	8	4	1	0	0	0				
中計		6					20																
合計																					26		

※ 黄色塗りつぶしセル（*印）は、想定リスクを示したものの。（別表 3 および別表 4 を参照）

[図 2-18 金属・合金工程別事故型発生件数（2005 年～2014 年）]



(3) 希土類の製造プロセスにおける潜在危険性と安全対策

以上の保安事故および労働災害の実態調査を踏まえ、希土類製造プロセスにおける工程別の潜在危険性（ハザード）およびその潜在危険性（ハザード）に対する代表的な安全対策を、ケミカル製造については[表 2-8]に、金属・合金製造については[表 2-9]に、それぞれ整理した。

発生件数と潜在危険性の観点から、特にケミカル製造における原料溶解工程での急激な化学反応による爆発・突沸事故、並びに金属・合金製造における粉じん爆発・火災、水素・水蒸気爆発には十分な注意が必要であることが明らかになった。また、多結晶シリコン製造と同様に、作業標準やマニュアル類を整備するとともに、作業従事者に対して、作業標準やマニュアル類、物質の危険性などを教育する「安全教育」を効果的に実施することが重要であると考えられる。

[表 2-8 ケミカル製造における潜在危険性と安全対策]

工程	潜在危険性（ハザード）		安全対策
	保安事故	労働災害	
原料溶解	1) 薬液、ガスの漏えい	1) 酸の飛散による薬傷 2) 急激な反応による突沸による薬傷 3) 発生ガスの吸引による炎症	安全教育：薬液に関する知識 安全管理（設備）：薬液投入制御 安全管理（マニュアル）：薬液投入条件
沈殿作成	1) 急激な水との反応による圧力上昇、爆発 2) 薬液、ガスの漏えい 3) GLタンクのピンホールによる外部鉄槽の破損	1) 沈殿飛散による眼の負傷 2) 酸・アルカリの飛散による薬傷 3) 発生ガスの吸引による呼吸器の炎症 4) 回転体への巻き込まれ	安全教育：化学反応の知識 安全管理（設備）：飛散防止、ガス排出 安全管理（マニュアル）：沈殿剤添加速度
濾過	1) 遠心分離機バスケット破損	1) 装置（高速回転機器等）への挟まれによる骨折・打撲・裂傷 2) 遠心分離機バスケット破損による飛散物との接触	安全教育：操作手順の徹底 安全管理（設備）：挟まれ、飛散防止 安全管理（マニュアル）：点検方法
焼成	1) 焼成温度の異常上昇による炉内容物の溶融 2) 回収時の粉じん爆発	1) 高温による熱傷 2) 回収時の粉じんへのばく露による健康障害 3) 台車移動時の挟まれ 4) 重量物運搬による腰痛	安全教育：保護具着用の徹底 安全管理（設備）：集塵機の設置 安全管理（マニュアル）：異常時の対応手順
粉碎・分級	1) 微粉末飛散による粉じん爆発	1) 粉じんばく露による健康障害 2) 回転体への巻き込まれ	安全教育：粉じんによる健康障害 安全管理（設備）：安全装置の設置
梱包		1) 重量物運搬などによる腰痛 2) フォークリフトとの接触	安全教育：腰痛対策、適切な道具使用
メンテ	1) 液の漏えい	1) 液の移送やメンテ時の酸・アルカリ飛散による薬傷	安全教育：保護具着用の徹底 安全管理（マニュアル）：操作手順書
清掃		1) 反応槽内での酸素欠乏	安全管理（設備）：ファン、酸素計使用

移動、運搬		1) 転倒、挟まれ	安全教育：保護具着用の徹底 安全管理（設備）：適切な道具使用 安全管理（マニュアル）：工場ルール
工程一般	1) 金属と水との反応による発火・爆発 2) 粉じん爆発 3) 薬液、ガスの漏えい	1) 酸・アルカリの飛散による炎症 2) 固体の飛散による炎症 3) 粉じんばく露による健康障害 4) 発生ガスによる健康障害 5) 酸欠 6) 高温物との接触による火傷 7) 切れこすれ、激突、墜落転落、転倒、挟まれ巻き込まれ、飛来落下	安全教育：薬液に関する知識、粉じんによる健康障害、保護具着用の徹底 安全管理（設備）：薬液投入制御、飛散防止、ガス排出、安全装置の設置、適切な道具使用 安全管理（マニュアル）：薬液投入条件、点検方法、異常時の対応手順、工場ルール

[表 2-9 金属製造・合金製造における潜在危険性と安全対策]

工程	潜在危険性（ハザード）		安全対策
	保安事故	労働災害	
原料運搬・秤量・供給	1) 粉じん爆発・火災	1) 粉じんばく露による健康障害 2) 重量物運搬などによる腰痛 3) フォークリフト、クレーンおよび重量物との接触 4) 重量物の落下・飛来	安全教育：粉じん爆発、火災の知識 安全管理（設備）：防爆仕様、不活性ガス雰囲気 安全管理（マニュアル）：秤量・供給手順書
電気分解	1) 水分混入等による水蒸気爆発 2) 冷却水未通水による熔解で炉の破裂 3) 坩堝破損による溶湯流出（爆発・火災）	1) 高温による熱傷 2) 扉・駆動部に挟まれ負傷 3) 無理な体勢による腰痛	安全教育：水蒸気爆発の知識 安全管理（設備）：異常検知センサー 安全管理（マニュアル）：水漏れチェック
鑄造・冷却	1) 溶湯の流出による爆発・火災	1) 高温による熱傷 2) 金型転倒等による打撲や骨折	安全教育：溶湯の危険性について 安全管理（設備）：転倒防止装置の設置

切断、粉碎・篩・混合・梱包	1) 微粉末は発火の恐れ	1) 粉じん飛散による眼の負傷 2) 製品にて手や指の裂傷 3) 置換ガスによる酸素欠乏	安全教育：微粉末の危険性について 安全管理（設備）：挟まれ巻き込まれ防止カバーの設置
原料運搬・秤量・供給	1) 発生する微粉末による火災	1) 粉じんばく露による健康障害 2) 重量物運搬などによる腰痛 3) フォークリフト、クレーンおよび重量物との接触 4) 重量物の落下・飛来	安全教育：微粉末の危険性について 安全管理（設備）：堆積防止、静電気発生防止、衝撃エネルギー低減、防爆仕様、不活性ガス雰囲気 安全管理（マニュアル）：粉じん量の日常管理、定期清掃
溶解・冷却	1) 水分混入による水蒸気爆発 2) 冷却水未通水で溶解炉破裂 3) 坩堝破損による溶湯流出（爆発・火災）	1) 高温による熱傷 2) 腰痛 3) 扉・駆動部への挟まれ・巻き込まれ 4) 高所より墜落	安全教育：水蒸気爆発の知識、炉や冷却装置などの構造・操作に関する知識 安全管理（設備）：漏水検知装置、結露防止、湯漏れ検知装置 安全管理（マニュアル）：冷却系配管の定期点検、原料の水分確認、坩堝の定期点検
切断・粉碎・篩・混合・梱包	1) 粉じん爆発	1) 切断機等への挟まれ 2) 粉じんばく露による健康障害 3) 置換ガスによる酸欠 4) 製品で手や指の切創	安全教育：粉じんによる健康障害 安全管理（設備）：堆積防止装置、静電気発生防止、衝撃エネルギー低減、安全装置の設置 安全管理（マニュアル）：粉じん量の日常管理、定期清掃
計量・梱包		1) 重量物運搬などによる腰痛 2) フォークリフトとの接触	安全教育：腰痛対策、適切な道具使用
築炉、解体、設置、搬送		1) 振動工具による振動障害 2) フォークリフト、クレーンおよび重量物との接触	安全管理（設備）：低振動工具、耐振手袋
溶解炉メンテ	1) 粉じん爆発	1) 粉じん曝露による健康被害	安全教育：粉じん爆発、粉じんによる

			健康障害の知識 安全管理（設備）：防爆掃除機の使用 安全管理（マニュアル）：定期メンテ要領および手順書
金型メンテ		1) 金型転倒等による打撲、骨折	安全管理（設備）：転倒防止装置の設置
ロール研磨		1) 回転体への巻き込まれ	安全教育：回転体の危険性
高所作業		1) 転落	安全教育：安全帯着用の徹底 安全管理（設備）：転落防止柵
サンプル保管・分析	1) 粉じん爆発・火災	1) 粉じん曝露による健康被害	安全教育：粉じんの危険性について 安全管理（設備）：真空パック機、不活性ガスパーズ装置
清掃	1) 粉じん爆発・火災	1) 粉じん曝露による健康被害	安全教育：粉じん曝露による健康被害 安全管理（マニュアル）：粉じん量の日常管理、定期清掃
集塵機	1) 粉じん爆発・火災	1) 粉じん曝露による健康被害	安全教育：粉じん爆発・火災の知識 安全管理（マニュアル）：清掃箇所、記録様式の使用
その他		1) 転倒、挟まれ 2) 高所からの落下	安全教育：回転体の危険性 安全管理（設備）：手すり、安全柵などの設置
工程一般	1) 粉じん爆発 2) 水蒸気爆発 3) 溶解炉破裂	1) 粉じんばく露による健康障害 2) 酸欠 3) 高温物との接触による火傷 4) 切れこすれ、激突、墜落転落、挟まれ巻き込まれ、飛来落下	安全教育：粉じん爆発、水蒸気の知識、炉や冷却装置などの構造・操作に関する知識 安全管理（設備）：防爆仕様、不活性ガス雰囲気、異常検知センサー、堆積防止、静電気発生防止、衝撃エネルギー低減、漏水検知装置、結露防止、湯漏れ検知装置、防爆掃除機の使用 安全管理（マニュアル）：各種製造手順書、点検・メンテ・清掃手順書

(4) 希土類製造業における安全対策の推進

以上の希土類製造業における保安事故および労働災害の実態調査、並びに製造プロセスにおける潜在危険性および安全対策に関する検討を踏まえ、今後、以下の施策を通して、より一層の安全対策を推進することとする。

① 希土類および製造プロセスにおける潜在危険性と安全対策の周知徹底

会員会社安全担当者が出席する当協会希土類部会において、本行動計画を説明し、各社に持ち帰り、社内での周知徹底を図ることとする。

② 保安事故、労働災害事例の分析と共有化

今年度においては、2005年から2014年までの10年間の事例分析を実施し、情報共有を行った。来年度以降も引き続き事例データを積み重ね、当協会会員各社で共有化を継続することとする。

③ 安全情報の共有化

競争法に抵触しない範囲で、各社の安全情報については共有化を図ることとする。

(5) 希土類製品の使用上の注意事項／ガイドラインの見直しと改訂（別添）

1995年に製造物責任法（PL法）が施行されたことを機に、1996年2月、当協会希土類部会は、希土類製品ユーザーの使用上の安全性向上を図ることを目的に、「希土類製品の使用上の注意事項／ガイドライン」を刊行した。

しかし、約20年が経過し、本委員会における検討の過程で、製造者における保安事故・労働災害の発生状況が明らかとなり、また、情報・データ等の改訂の必要性も出てきたことから、今回、対象範囲を製造者まで拡大し、内容の見直しを実施し、新たに「希土類製品の製造および使用上の注意事項／ガイドライン」（2016年3月改訂）を刊行することとした。

Ⅲ. 新金属協会の今年度の活動と今後の取組み

当協会は、構成会員企業が複数業種にわたっている特性を踏まえ、今後とも、シリコン産業、希土類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していく。また、本委員会の活動成果として、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ていく。当協会の 2015 年度の実績および今後の取組みの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活動

(1) 本委員会の開催

2015 年度において、本委員会は 2 回開催した。

今後も、本委員会は年 2 回定例会議を開催することとし、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

2015 年度の本委員会における活動を取りまとめ、ここに本行動計画を策定した。

今後も、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

行動計画（平成 27 年度）においては、多結晶シリコン製造業のフォローアップおよび希土類製造業の事故事例等を対象に事例分析を行った。

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。なお、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。

(4) 統計の充実

前項の事例分析と同様に、事件事例等の統計についても、当協会の部会の中から新たな業種を対象に加え、保安事故、労働災害の対象範囲を拡大することにより、統計の充実を図り、新金属産業全体の安全性向上を図る予定である。

2. 新金属協会の本委員会以外の安全に係る活動

(1) 事故情報（教訓）・安全対策・安全情報の共有

- ① 2015 年度においては、Ⅱ． 2．（3）で取り上げたサイクロン火災事故について、概要・対策等を会員会社へ周知した。

今後も、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関係す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、事故事例、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。

(2) 教育訓練の支援

- ① 2015 年度においては、7 月 8 日開催の第 1 回安全委員会において、（一社）日本化学工業協会の「保安事故・労働災害防止への取組み」をテーマとした勉強会を開催し、同協会より事故事例調査等の紹介を受け、参加者間で意見交換を行った。また、12 月 4 日開催の第 2 回安全委員会において、経済産業省商務流通保安グループから「IoT・ビッグデータ等を活用した産業保安のスマート化」をテーマに、IoT・ビッグデータやセンサー、AI 技術等を活用した産業事故防止のための新技術の動向について説明を受け、本委員会会員各社で検討を行うこととした。

今後も、安全に係る勉強会等の開催および（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っていく。

- 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、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。

(3) 安全文化醸成に向けた取り組み

- ① 2015 年度においては、9 月 24 日開催の当協会理事会で、田村委員長を講師とした「産業安全の確保と経営の役割—新金属産業における災害防止対策に関する行動計画を踏まえて—」をテーマとした講演を行い、会員企業のトップ経営層に対して、安全確保のための認識を新たにすること、並びに強いリーダーシップの発揮等を要請した。

今後も、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勧奨を行っていく。

- 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。制度の枠組みについては本委員会では検討の上、理事会に諮ることとする。

(4) 経営トップ等の強い関与

当協会理事会は会員企業のトップ経営層が理事として参加している。2015 年 3 月 4 日開催の協会理事会においては、行動計画（平成 26 年度）の内容および本委員会の活動実績を報告すると共に、2015 年度の活動方針について承認を得た。

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に、具体的な活動内容およびスケジュールを織り込んだ次年度の事業計画の策定に着手し、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PDCA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PDCA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。

行動計画（平成26年度）については、2015年3月23日付をもって、当協会会長名で会員各社社長宛てに、新協発第26.27号「新金属協会『産業災害防止に関する行動計画』策定のお知らせと災害防止対策取組に関するご要請について」を発信し、本行動計画を踏まえ、各社社長の指導の下、災害を未然に防ぐための可能な限りの取組みを実行するよう要請した。

以 上

付 属 資 料

別表 1 保安事故事例（多結晶シリコン製造関係）

別表 2 労働災害事例（多結晶シリコン製造関係）

別表 3 保安事故事例（希土類製造関係）

別表 4 労働災害事例（希土類製造関係）

別 添 希土類製品の製造および使用上の注意事項／ガイドライン
(2016 年 3 月改訂)

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碎してたところ、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。停止操作中に出火を確認し、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碎	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asket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)／派遣／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す十分に処理し、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者間での確認の徹底。	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、不活性ガスをパージ。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。	機器の加温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asket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、現場へのバトライト設置。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、ビット上蓋（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。点検個所を増やすとともにグラフ化し傾向管理を実施する。

No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
発生年月		2005年3月1日	2006年12月1日	2007年2月1日	2007年11月6日	2007年11月12日	2008年9月1日	2009年1月27日	2009年4月10日	2009年7月14日	2010年2月22日	2010年7月28日
工程		原料工程	その他	その他	仕上工程	反応工程	仕上工程	反応工程	原料工程	原料工程	反応工程	原料工程
発災工程分類		塩化工程	架構	建屋	仕上工程	反応工程	加工工程	反応工程	転化工程	塩化工程	還元工程	転化工程
災害発生概要		バルブを閉止時に、ハンドルの補強リングが外れて作業台より転落した。	建設工事の梁上を歩行中、ボルト入りダンボールに躓き転倒し、アングルピースで右膝を強打した。	ケーブルダクトサポート取り付け工事の為、高所作業車を操作中に操作盤蓋と建屋が接触し右手を挟まれ負傷した。	製品乾燥器内の専用トレーを乾燥器内に戻す作業において、乾燥器本体のステンレス製棚と、持っていたトレーの隙間に入っていた左手中指を挟んだ。	反応炉のスタート作業で真空ライン配管のバルブを開けようとハンドルを回していた際に、隣接の冷却水配管に右手小指を挟んだ。	クリーンルームの乾燥装置内で、自動運転中の移載機に挟まれ死亡。	台車上で、多結晶シリコン反応炉からシリコンロッドを専用の機械で取り出し、台車で作業している受取・積荷担当者に渡そうとした際に、ロッド上部からシリコン片が欠け落ち、上唇左側に当たり裂傷した。	転化炉の定期修理中、配管開放部より流出した塩化物ガスを吸引。	洗浄塔入口配管の解体作業中、TCSが腕に被液した。	運転前に炉下を点検中、スチームドレンのホースが抜け両腕を熱傷した。	転化炉の組み立て中、油圧リフターが急降下し作業者3名が負傷した。
1	発災工程	設備保守作業	工事	工事	乾燥機洗浄作業	バルブ開作業	洗浄作業	受取・積荷作業	配管開放作業	配管取り外し作業	点検作業	工事
2	労働災害分類	転落	激突	挟まれ巻き込まれ	挟まれ・巻き込まれ	挟まれ・巻き込まれ	挟まれ巻き込まれ	崩壊・倒壊	有害物との接触	有害物との接触	高温、低温物との接触	飛来、落下
	有害物質	なし	突起物に膝が接触	建屋と盤間に手を挟まれ	なし	なし	移載機に挟まれ	多結晶シリコン	塩化物ガスを吸引	TCSが腕に接触	スチームドレンが腕に接触	リフターが急降下
3	負傷部位・程度	左即頭部骨折	右膝蓋骨骨折	左前腕尺骨骨折	左中指末節骨骨折	右手小指皮膚裂傷	多傷性窒息	上唇左側皮膚裂傷	急性喉頭炎	左手甲から腕	両前腕部火傷	側副靱帯損傷、骨折
	休業日数等	休業15日	6週間	不休	不休	不休	死亡	不休	不休	休業3日	1週間	2週間
	年齢・経験年数	53歳・27.5年	62歳・37年	35歳・10年	45歳・1カ月	45歳・3.6年	46歳・2年	21歳・3.8年	56歳・25年	35歳・15.5年	26歳・2年	35～56歳・4～9年
	自社(従業員、パート)／派遣／協力会社の別	自社	協力会社	協力会社	協力会社	自社	派遣	協力会社	自社	協力会社	自社	協力会社
4	直接要因	バルブハンドルの補強リングの破損。	足元確認不足。	操作ミス。	トレーに取っ手が無かった。	バルブ開時、ハンドルの握り方・姿勢に無理があった。バルブに接続したハンドルがしっかり固定されてなかった。	自動運転中の装置内に体を入れた。	簡易マスクを下側にずらし装着し、負傷部が露出していた。	開放部の確認不足。	配管内TCS液がたまる構造になっていた。保温用スチームが止まり、冷えていたため、TCSが凝集していた。	力を加えたことによるホースの抜け。	不適切な使用による設備故障。
	間接要因	安全管理(設備)安全教育	安全管理(マニュアル)	安全管理(マニュアル)安全教育	安全管理(設備)安全教育	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(マニュアル)安全教育	安全教育	安全教育	安全管理(マニュアル)	安全教育
		バルブが固くなっていた、さしこみが甘い、補強リングの溶接強度不足、作業台を使用する高さではなかった、KY不足。	工事の管理不足。	作業前のKY不足。	トレーの挿入作業における手順書が無かった。安全意識不足。	冷却水配管が隣接し、ハンドルが回しにくかった。安全意識が不足していた。	マニュアルの不備。	シリコン片が落下する危険があるというKY意識が不足。シリコンロッドの直下近くに立って作業していた。鼻からあごを保護する耐切創用保護具が標準化されていなかった。	作業連絡不十分。	ガスの配管であったため、配管内に液が無いと思い込んでいた。ガス配管を取り扱うための保護具を着装していた。	マニュアルの不備。	作業法のKY不足。
安全対策		転倒・転落の危険箇所については、KYTによる予測を実施する。固着して固くなっているバルブは交換する。ハンドルは完全に差し込むよう徹底する。作業台を使用する必要のない高さでは作業台を使用しない。	動線上に障害物を置かない。	作業前に操作の確認。	トレー挿入方法を作業標準に追加し、作業者への教育を実施。当該乾燥器上に災害事例箇所表示にて再発防止の注意喚起を促す。挿入用専用治具(把手)を検討して製作する。	安全な作業方法を教育する。ハンドルをバルブにネジで止めて固定させる。クッションを冷却水配管の被災箇所に巻く。冷却水配管に表示をし、作業者に注意を喚起する。手動弁を自動弁に変更する。	点検窓の閉止、作業マニュアルの見直しと教育。	保護具の装着徹底、安全距離の確保に関する対策を遵守するように教育した。鼻からあごまでを保護できる保護具を導入し、標準化する。	作業指揮者による同時並行作業のチェック。	液・ガスの配管に関わらず、作業前に液の溜まる可能性があるかチェックする。解体工事の依頼部署は開放するフランジをチェックし、液漏れ等の危険性の有無を確認する。危険性のあるフランジについては、依頼部署が口割り作業を行う。	スチーム送気時の立ち入り侵入防止の徹底。	作業床等の使用。

■労働災害事例(多結晶シリコン製造関係)

No.		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
発生年月		2010年8月16日	2010年9月18日	2011年3月19日	2011年3月16日	2011年6月30日	2011年7月19日	2011年7月12日	2011年8月4日	2011年9月26日	2011年11月3日	2012年1月4日
工程		その他	蒸留工程	仕上工程	回収工程	その他	原料工程	回収工程	反応工程	原料工程	仕上工程	仕上工程
発災工程分類		除害工程	蒸留工程	加工工程	精製工程	液製品充填工程	転化工程	シラン液回収工程	反応工程	転化工程	ロッド加工工程	洗浄工程
災害発生概要		廃液処理ノズル交換作業において、ラインの残圧パージのためガス抜弁を開けた際、ホースが踊り、飛散した液が右目にかかった。	配管フランジ部に仕切板を取り付けるため、フランジのボルトを緩めた際、配管内部よりガスがでて、作業者がこれを吸引し被災した。	クリーンルーム内溝蓋の段差に躓き、電源盤及び壁に頭をぶつけ切創した。	罹災者Aはチャンネルカバー内のポリマーを手でかきだそうとした。ポリマーと空気中の水分が反応し、発生した水素が衝撃により着火。炎は1m程の球状となり一瞬で鎮火した。チャンネルカバーを支えていた罹災者B.Cと共に罹災。	段差(38センチ)を降りた時に、左足の床面への着地が悪く足をひねって転倒気味になった。	プロセス液サンプリング時、ミストが吹き出し左手前腕部にかかり薬傷した。	定修作業で仮設足場の昇降用はしごを降る際、背を向けた体勢から反転した際、足を踏み外し転落・被災した。	蒸気ラインのドレンを抜くため、排出口のバルブを微開とした際、高温のドレン水が右足にかかり被災した。	上部作業者が下部にいた罹災者にバールを手渡そうとした時、罹災者は背を向けており、手渡すのを止めようとしたが手が滑りバールが落下。声に気付いた罹災者が振り向いた時に、バールが罹災者のメガネフレームにあたった。	ポリシリコンロッドを台車から作業台へ移動させる際、ロッドと作業台との間に指を挟んで被災した。	洗浄機の動作不良確認のため、ローラーの駆動チェーンの弛みがあり。チェーンの調整をするためテンション調整用ボルトをスパナで回している最中に、右手の甲がビリビリしてきた。
1	発災工程	ノズル交換作業	配管仕切板取付作業	点検作業	機器解体・洗浄作業	充填・残液戻し作業	サンプリング作業	凝縮器カバー取付け作業	気化器起動準備	設備保守作業	ロッド破砕作業	コンベアローラー補修作業
2	労働災害分類	有害物との接触	有害物との接触	激突	有害物との接触	転倒	有害物との接触	墜落・転落	高温物との接触	激突	挟まれ・捲込まれ	有害物との接触
	有害物質	STC	HCl (TCS/STC)	電源盤との接触	クロロシランポリマー加水分解生成物	なし	プロセス液と手が接触	なし	なし	なし	なし	硝酸、フッ酸
3	負傷部位・程度	右目腐食症及び角膜潰瘍(軽度)	塩化水素ガス吸引(軽度)	頭部切創	左耳介、頸部薬傷(3名共)	左足小指のヒビ	左手前腕部薬傷	第三腰椎圧迫骨折他・全治2〜3ヶ月見込	右下腿熱傷(軽度)	右眼瞼裂傷、結膜裂傷	右中指指尖部損傷	右手甲 薬傷
	休業日数等	不休	不休	不休	不休	不休	不休	休業	不休	不休	不休	不休
	年齢・経験年数	21歳・1年	42歳・5年	52歳・12年	C:42歳・21年 B:24歳・3年 A:23歳・6年	32歳・5年	24歳・2年	46歳・7年	32歳・約4年	32歳・8年4ヵ月	34歳・8年	38歳・1年9ヵ月
	自社(従業員、パート)／派遣／協力会社の別	従業員	協力会社	自社	協力会社	自社	自社	協力会社	従業員	協力会社	協力会社	自社
4	直接要因	安全保護具使用基準の不遵守。	配管内に残圧があり、フランジを緩めた際に塩化水素を微量含むガスを吸引した。	足元の注意不足。	チャンネルカバー入口側の堆積物ポリマーを長手袋でかき出した。ポリマーを水で湿らせた状態で作業するのを怠った。	多少高さのある位置(エリア)から足を踏み出した。通常作業で歩行通路として使用しており、慣れている場所でKY不足で段差を通行した。	内容物除去が不十分。	梯子昇降時に逆向きで降りようとした。梯子上で回転し、バランスをくずした。	蒸気元弁の内漏れにより高温ドレン水が放出。作業基準不遵守。	2mではあるが上下作業になっていた。	ロッドを作業台に乗せた時、手を抜くタイミングが遅れた。	非定常作業を行った箇所にフッ硝酸が付着していた。フッ硝酸に適した保護手袋を着装していなかった。
	間接要因	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	安全管理(マニュアル)安全教育	安全管理(設備)安全教育	安全教育	安全教育	安全教育	安全教育	安全管理(マニュアル)安全教育	安全教育
		危険意識の欠如。眼鏡レンズの汚れや圧力計表面汚れで指示値が見にくかった。	配管の脱圧が完全でない。吸引除害ホースの未使用。防毒マスクの装着不良。	作業環境の管理不足。	保護具着装を強化していたが、肌の露出部が残っていた。機器開放時に臭気・発煙が無く、ポリマーに対する危険性を軽く考えてしまった。下請け業者への引継ぎが明確でなかった。	横の段差と比較して高さが11cm程度(38cm-27cm)低くなっていた。横の段差と高さ差があり、高さの錯覚が生じた可能性あり。	作業法のKY不足。	安全意識の欠如。精神的な焦りがあった。	適正工具の不使用。ブローノズルの方向不適。	工具受け渡し時の合図、確認を怠った。工具の落下防止対策を行っていなかった。	重量物を平坦部に置く際の安全対策不十分。一人作業での取扱重量未規定。	KYは行ったが、フッ酸・硝酸が付着しているという認識が無かった点検後そのまま調整作業に入ってしまう、作業の詳細に関する打合せを行わずに作業に入った。
安全対策		保護具点検の徹底。圧力計管理の徹底。ホース先端部の改造。	脱圧確認方法、吸引除害方法などの基準見直し。防毒マスク装着教育。	段差フリーへの改善。	ポリマー除去作業時、主要作業者はケミカルスーツを着用。ポリマーは水で湿らせた状態で作業する。ポリマー危険性と作業位置についてのKYを都度実施。作業者への引継ぎを徹底する。	当該場所を歩行帯としての使用を禁止する。恒久対策としては、鉄製の手すりを設置して該当場所の通行を禁止する。	作業法変更(残液なし)。	昇降方法のルール遵守の徹底。	ブローノズルの吹き出し方向適正化。	上部作業中は、下部作業者は直下に入らず待機する。上下の確認がとりづらいい場合には、監視人を配置。作業前に工具受け渡し合図を決定する。工具に落下防止ローブを取付ける。直接手渡しを止め、小さな工具は工具袋、大きな工具は一度仮置き受渡しを行う。	一人作業時の重量制限を規定。指詰め防止治具使用。	フッ酸・硝酸など有害物が付着している箇所は、作業実施前に洗浄等の処置を行い、PH紙等にて確認。有害物の性質に見合った保護具を着装。作業標準を作成の上、教育を実施。

■労働災害事例(多結晶シリコン製造関係)

No.		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
発生年月		2012年3月20日	2012年3月2日	2012年6月11日	2012年6月24日	2012年8月17日	2012年11月12日	2013年4月25日	2013年7月22日	2013年8月17日	2014年1月22日	2014年7月17日
工程		その他	その他	反応工程	蒸留工程	仕上工程	その他	仕上工程	原料工程	仕上工程	反応工程	仕上工程
発災工程分類		配管	除害工程	反応工程	蒸留工程	加工工程	除害工程	加工工程	塩化工程	加工工程	還元工程	加工工程
災害発生概要		サクシオンフィルター整備時、プロセス液が飛散し薬傷した。	ライン液抜き作業にて窒素ホースを外した際、配管内に残存していたSTCが飛散、側にいた作業者の右目に入った。	倒壊バッチのシリコンロッド取り出し作業中、プレート上でロッドを移動しようとする際に、バランスを崩して、よろけて腰が崩れた。この時にシリコンロッドを持ったままの手がプレートに着き、左手人差し指が挟まれた。	ライン液抜後、開放準備作業でバルブを順次半開にした所、残留STC液のガスが出て左目周辺にかかり、被災した。	液抜き準備の為、抜き取り容器を落下させ跳ねた酸が目飛散した。	熱交換器の本体カバーを重機にて吊り降ろしていた際、吊りワイヤーがずれて、カバーとワイヤーの間に右手薬指を挟まれ被災した。	加工作業にてシリコンロッドの割れに気がつき、カケラを引き取ろうとした。カケラの下に左手を入れ、持ち上げる様に力を入れたところ、手がすべりカケラの鋭利な部分で左手人差し指先端を切創した。	TCS配管撤去作業中、フランジのボルトを緩めたところ、TCSが噴出し、下半身、右手にかかり、それぞれ作業着、手袋にTCSがしみ込んで罹災した。	エッチング装置の熱交整備中、フッ酸・硝酸が左腕に接触し薬傷した。	整形用機械で部品を修正作業中、左手中指を挟まれた。	シリコン材破砕時、左手中指付け根に欠片(破片)が刺さった。
1	発災工程	整備作業	配管詰り点検液抜作業	シリコンロッド取り出し作業	ラインの開放洗浄作業	液抜き作業	熱交換器の開放作業	シリコンロッド加工作業	配管補修作業	整備作業	部品修正作業	破砕作業
2	労働災害分類	有害物との接触	有害物との接触	挟まれ・巻き込まれ	有害物との接触	有害物との接触	挟まれ・巻き込まれ	挟まれ・巻き込まれ	有害物との接触	有害物との接触	挟まれ巻き込まれ	切れ、こすれ
	有害物質	プロセス液(STC,TCS)と手が接触	STC	なし	HCl (STC)	酸と目の接触	なし	多結晶シリコン	TCS	フッ酸・硝酸と腕が接触	駆動部と指が接触	欠片と指が接触
3	負傷部位・程度	薬傷	右眼薬物火傷(軽度)	左第二指挫減創	左目、右腕の薬傷(軽度)	左目薬傷	右環指指尖部不全切断・全治2ヶ月	左手人差し指先端の切創	股間部分、右手(第2〜4指の指先第2関節まで)	左腕薬傷	左手中指裂傷骨折	切創による異物残留
	休業日数等	不休	不休	不休	不休	不休	不休	不休	不休	不休	不休	不休
	年齢・経験年数	34歳・3年	19歳・10ヶ月	51歳・8年2ヵ月	28歳・10年	39歳・3年	38歳・4年	44歳・11ヵ月	36歳・16年 21歳・4年	41歳・3年	38歳・3年	21歳・0.3年
	自社(従業員、パート)／派遣／協力会社の別	自社	従業員	自社	協力会社	自社	協力会社	協力会社	協力会社	自社	自社	協力会社
4	直接要因	接続部の破損(間に合わせチューブの使用)。	窒素の残圧により、残存していたSTCが飛散。安全保護具使用基準の不遵守。	倒れたシリコンロッドやシリコンのカケラ等がプレート上に散在しており、足場が悪く、シリコンロッド取り出し中にプレート上でバランスを崩した。	プラントのバルブを作業員が操作した。(開ける必要の無いバルブを開けた)	手元不注意。	ワイヤーのそばに手を置いた為、ずれたワイヤーに指を挟まれた。	シリコンのカケラに鋭利な部分があった。内手袋の強度が不足していた。	工事範囲について部所管の認識が異なり、一部、口割りがなされていなかった。撤去工事範囲の現場のマーキングが一部出来ていなかった。	保護具の不備。	手元不注意。	保護具が不備。
	間接要因	安全教育	安全教育	安全教育	安全管理(マニュアル)安全教育	安全教育	安全管理(設備)	安全教育	安全管理(マニュアル)安全教育	安全教育	安全管理(設備)安全管理(マニュアル)安全教育	安全教育
		作業法のKY不足。	保護眼鏡に汚れがあり作業毎に脱着していて忘れた。作業者間の安全確認不足。	被災者は当該バッチ解体作業の監視者であったが、自らシリコンロッドの取り出しを行ったため、取り出し作業の監視とシリコンロッド取り出しの両方に気を取られていた。	運転員立会いなしで開放作業実施。監督から作業員への指示が不十分だった。	危険物質に対する意識不足。	吊金具の位置が悪く、また「当てもの」がなかったため、ワイヤーがずれ易かった。	簡単に取り出せると思い込んでいた切れに関することの認識はあったものの、力を加えた時、持っていた指が滑って切れることについて認識が不足していた。	工事範囲について関係部署担当者が現場で確認していなかった。現場担当者が撤去工事範囲が追加になった事を知らなかった。また、当日は現場担当者が不在だった。	作業時の確認不足。	マニュアルの不備。	安全意識の欠落(ヒアリの見逃し)。
安全対策		治具の使用。	保護具点検の管理強化 液抜き・圧抜き方法の改善。	作業指揮者を定め、作業開始前に危険予知ミーティングを行う。プレート上に作業者が乗る前に足場を確保する。プレート上に足場ができれば、あらかじめ決められた作業員1名がプレートに乗る。	ルールの徹底(運転員立会、バルブ操作禁止)。開放ライン指示明確化。	安全作業マニュアル作成。	吊金具の位置の改造。チェンブロック等の適時活用。	切創防止効果の高いインナー手袋にする。反応台車からのシリコンを取り出しやすくするための治具を使用する。	作業前までに撤去範囲、口割り箇所を、関係担当者で現場を確認する。また、当日作業前に口割りがなされているかを確認する。	保護具の見直し。	スイッチの改造(両手スイッチ操作へ)。	鋭利片用手袋の使用。

■労働災害事例(多結晶シリコン製造関係)

No.		34	35
発生年月		2014年11月14日	2014年11月25日
工程		その他	反応工程
発災工程分類		高速切断機	還元工程
災害発生概要		SUS配管の切断中、配管が左手に当たり被災した。	油圧式トルクレンチで締め付け時、固定用の枕木がはずれた為、配管との間に小指が挟まれ被災した。
1	発災工程	配管切断作業	ボルト締め付け作業
2	労働災害分類	激突され	挟まれ巻き込まれ
	有害物質	配管と手が接触	レンチと配管間に挟まれ
3	負傷部位・程度	左示指中節骨開放骨折	左手第5指中節骨骨折
	休業日数等	不休	不休
	年齢・経験年数	51歳・33年	41歳・5年
	自社(従業員、パート)／派遣／協力会社の別	自社	自社
4	直接要因	操作法の不適。	道工具の不適。
	間接要因	安全管理(マニュアル)	安全教育
		使用基準が不明確。	作業前の事前KY不足。
安全対策		専用切断機の使用。	道工具の導入(動線範囲に手の入らないものは)。

No.		想定リスクー1	想定リスクー2	想定リスクー3	想定リスクー4	想定リスクー5	想定リスクー6	想定リスクー7	想定リスクー8	想定リスクー9	想定リスクー10	想定リスクー11
発生年月		想定リスク	想定リスク	想定リスク	想定リスク	想定リスク	想定リスク	想定リスク	想定リスク	想定リスク	想定リスク	想定リスク
発災工程分類		電気分解炉	原料投入口	鑄造装置	集塵設備	原料投入口	鑄造装置	薬品送液ライン	反応槽	反応槽	原料保管庫(テント倉庫)	ガラスライニング反応槽
事故発生概要		熔解された浴に冷却水が入り、爆発のおそれ	投入口に堆積した、原料の微粉に、投入時のエネルギーにより発火	冷却水を通水せずに鑄造し、系内の水が急激に水蒸気になり水冷銅ロールが破裂	ダクト配管内での発火	投入口に堆積した、原料の微粉に、投入時のエネルギーにより発火	冷却水を通水せずに鑄造し、系内の水が急激に水蒸気になり水冷銅ロールが破裂	送液ラインの破損により薬品が漏出	希土類酸化物の酸溶解時に過昇温により吹き上がる	急激な水和反応により反応槽内が高圧力化し、槽天板のボルトは破損し爆発。プシューン・ドカーンの音がした。	台風でテント倉庫の屋根一部が破損、そこからフレコンバック入りの原料に雨水が浸透し、水和反応が発生。	槽内部のガラス面にクラック・ピンホールが発生、そこから内容物の強酸液が浸透し鉄製部は溶け出し穴が開いた。その穴から床面には強酸液が漏洩した。
1	発災工程	電気分解工程	原料投入工程	鑄造工程	集塵	原料投入工程	鑄造工程	薬品送液工程	溶解工程	水酸化反応	原料保管	結晶化
	プロセス条件	炉体の破損を防ぐために冷却水を流す										
2	物質	希土類酸化物および金属の熔けた浴	希土類合金	希土類合金	希土類合金	希土類合金	希土類合金	酸、アルカリ薬品	希土類酸化物	酸化ランタン、酸化ネオジウム	酸化ランタン	硝酸第2セリウムアンモン
	潜在エネルギー危険性	1000℃くらいの浴と冷却水の接触による爆発										
3	保安事故分類	爆発	火災	破裂	火災	火災	破裂	漏えい	漏えい	爆発	その他	漏えい
4	人的被害	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	物的被害	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	自社(従業員、パート)／派遣／協力会社の別	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	直接要因	水蒸気爆発(冷却管の破損など)	安全管理(マニュアル)(安全設備の定期検査、粉塵の定期清掃)合金粉塵の付着、アースボンディング不良	安全教育(ヒューマンエラー)	粉じん火災	合金粉塵の付着、アースボンディング不良	ヒューマンエラー	設備の施工不良	粉末投入の過剰投入	希土酸化物の活性度、攪拌機の故障、ヒューマンファクター	雨水と酸化ランタンによる水和反応	GL槽ガラス面の摩耗、劣化。
	間接要因	安全教育(希土類金属の発火・爆発危険性に関する十分な知見不足)	安全教育(粉塵発火の知識不足)	安全教育(設備の理解不足) 安全管理(設備)(フェイルセーフ化)	安全教育(希土類合金の発火・爆発危険性に関する十分な知見不足)	安全教育(粉塵発火の知識不足)	安全教育(設備の理解不足)	安全管理(設備)(施工時の確認不足)	安全教育(過剰な反応に対する知見不足)	安全管理(設備)(希土類、Nd・La酸化物の水和反応に関する十分な知見不足。反応槽排気系の容量不足)	安全管理(設備)(原料フレコンバックの密閉性不足、テント倉庫シートの経年劣化)	安全管理(設備)(急冷等によるガラスのヒートショック)
安全対策		安全管理(マニュアル)(冷却管の漏れチェック)、安全教育(希土類金属の発火・爆発危険性)	安全管理(マニュアル)(アースボンディングの定期検査、粉塵の定期清掃)安全教育(粉塵爆発、火災の原理、爆発実験ビデオ、緊急処置)	安全管理(設備)(冷却水通水のインターロック化と定期検査) 安全教育(水蒸気爆発の原理、安全装置のしくみ)	安全管理(マニュアル)(ダクト配管内に付着および堆積した粉じんは定期的に除去) 安全教育(希土類合金の発火・爆発危険性)	安全管理(マニュアル)(アースボンディングの定期検査、粉塵の定期清掃)	安全管理(設備)(冷却水通水のインターロック化と定期検査)	安全管理(設備)(施工時のチェックの徹底)	安全教育(投入速度の制御)	安全管理(設備)(圧力逃がし口の設置(投入口フタのボルト閉め禁止)、排気配管の拡大)	安全管理(設備)(防水カバーをして保管する)	安全管理(設備)(漏洩時のビッド設置)

■保安事故事例（希土類製造関係）

No.		想定リスクー12	想定リスクー13	1	2	3	4	5	6	7
発生年月		想定リスク	想定リスク	2005年4月8日	2005年6月27日	2006年2月9日	2006年6月9日	2009年1月27日	2009年12月4日	2011年11月16日
発災工程分類		シャトルキルン	遠心分離機	配合	サンプル作業	堆積合金除去	清掃	溶解	掃除	消火中
事故発生概要		異常焼成し、焼成物、焼成容器、レンガ等が溶融	高速回転中に内部バスケットが破断 これにより外側ボディは変形し、天板は5m下の床面に落下、破損した各部品は四方八方に吹き飛んだ	粗粉入り微粉末を分級中、微粉に着火し顔面に火傷を負った。	粉砕処理後、サンプル作業机に保管すると自然発火	粉砕B系列の定修作業で堆積合金除去作業中、微粉に着火し手首を火傷を負った。	Mgヒュームが付着した軍手を着用したまま、ライターで着火すると発火	過酸化水素を過剰に入れると爆発した。	炉内で粉じんの掃除中、掃除機に1次爆発が発生し、その爆風で炉内に残っている粉末に引火し二次爆発が起きた。	テーブルに附着していた合金が発火しごみ箱内の紙に引火した。発火物をサンプル室外へ運び出すとき、両手首に火傷を負った。
1	発災工程	焼成	脱水	配合	サンプル作業	堆積合金除去	清掃	溶解	掃除	消火中
	プロセス条件			合金と大気中の酸素との酸化反応抑制の為、不活性ガスを使用。	分析用サンプル作成のため保管	粉砕設備解放状態での作業。	Mgヒュームなどを発火させて危険性を下げていた	溶けた鉄を還元	品種変えのための炉内清掃	通常のごみとして廃棄。
2	物質	希土類炭酸塩などの焼成		合金	希土類合金	合金	Mg	過酸化水素 希土-鉄合金	Mg合金	合金
	潜在エネルギー危険性			合金同士の接触で火花が発生。	微粉末の希土類合金の危険性	合金と設備との接触で火花が発生。	Mgヒュームや粉じんの危険性	水素ガス発生	Mgヒュームや粉じんの危険性	合金と大気中の酸素による発熱。
3	保安事故分類	破損	破裂	火災	火災	火災	火災	爆発	爆発	火災
4	人的被害	—	—	1名負傷	なし	1名負傷	1名負傷	1名負傷	4名負傷	1名負傷
	物的被害	—	—	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり
	自社(従業員、パート)／派遣／協力会社の別	—	—	自社(従業員)	自社(従業員)	自社(従業員)	自社(従業員)	協力会社	自社(従業員)	自社(従業員)
5	直接要因	温度センサーの位置がずれて低温を感知、制御回路はフルパワーでの燃焼を指示	バスケットの溶接不良、強度不足 経年使用によるクラック発生 天板内部品の脱落	手ぶるい作業時の振動で合金同士が接触し火花が発生。	微粉末の希土類合金の危険性	こぼれた合金が設備と接触し火花が発生。	Mgヒュームや粉じんの危険性	水素ガス爆発限界濃度オーバー	粉じん爆発	極微量の合金が付着したシールテープを通常のごみ箱に廃棄し発火。
	間接要因	安全管理(設備)(センサーが外に抜け掛かっていた。担当者は機器の自動運転を信じ、途中の確認を怠った)	安全管理(設備)(酸性液脱水における機器の腐食 ピンホール・クラックの発生、点検時クラック・ピンホールの確認不足)	安全教育(処理数量の過多及び、不活性ガス置換不足)	安全教育(不活性ガスパージ、真空バックなどを怠った)	安全教育(保護具の未着用)	安全教育(軍手にMgが付いており不適切であった)	安全管理(設備)(還元剤投入量の人的ミス)	安全教育(使用物質の危険性の知識がなかった)	安全教育(合金の発火危険性に関する十分な知見不足)
安全対策		安全管理(設備)(別途温度センサーを設置。異常温度で燃料(LPG)を遮断する)	安全管理(設備)(信頼できる業者による点検の実施。不良個所の修理)	安全教育(保護面の着用) 安全管理(マニュアル)(不活性ガス雰囲気中での作業を徹底)	安全教育(不活性ガスパージ、真空バックなどを徹底)	安全教育(保護具着用の再教育) 安全管理(マニュアル)定期清掃の実施	安全管理(マニュアル)(保護手袋の見直し) 安全教育(Mgヒュームや粉じんの危険性)	安全管理(設備)(還元剤投入の自動化) 安全教育(応急対策として還元剤添加のタイミングおよび方法の再教育)	安全管理(マニュアル):炉内清掃の頻度を増加 安全教育(使用物質の危険性)	安全管理(設備)(金属製ごみ箱の準備及び、ごみ分別の徹底)

■労働災害事例(希土類製造関係)

別表4

No.		想定リスクー1	想定リスクー2	想定リスクー3	1	2	3	4	5	6	7	8
発生年月		想定リスク	想定リスク	想定リスク	2000年1月13日	2002年7月27日	2003年3月14日	2005年4月6日	2005年4月20日	2005年6月22日	2005年6月29日	2005年7月18日
発災工程分類		反応槽	反応槽	粉碎装置	原料秤量工程	坩堝セット工程	冷却板入替工程	反応工程(少量試作工程)	排水処理	原料配合	運搬	点検作業
災害発生概要		希土類酸化物溶解時に突沸	槽内清掃時に酸欠事故	回転駆動部に指が巻き込まれ裂傷を負う	投入シュートに原料の入ったペール缶を乗せようとした際に、バランスを崩して、取っ手を持っていた手が、投入シュート内の鋭利な断面のあるメタル片と取っ手の間に挟まり、受傷した	坩堝作業をリフターを用いて実施中、坩堝が落ちそうになったので、右手で坩堝を押さえ左手で、リフターの爪を押したところ、坩堝が外れ落下	20tクレーンで、重量物(約12t)を移動運搬時荷の振れを止めようとした際、位置決めガイドと荷の間に左手を挟んだ。	希土類酸化物の酸溶解時、反応中の液が吹き上がり、熱い酸性液を浴びた。	アルカリの排水ピット内で汚泥のかき落としなどの清掃中、アルカリ性液体が保護具の間から浸透した。	原料投入ガイドとトラバーサーに挟まれて打撲。	パレットを手作業で運搬中に落下させ、足首打撲	部品取付作業中に挟まれ指を骨折
1	発災工程	酸溶解	反応槽内清掃	粉碎工程	原料秤量工程	坩堝セット工程	冷却板入替工程	原料投入作業	清掃作業	原料配合	運搬	点検作業
2	労働災害分類	有害物との接触	その他	はさまれ巻き込まれ	はさまれ巻き込まれ	飛来落下	激突され	有害物との接触	有害物との接触	はさまれ巻き込まれ	飛来落下	はさまれ巻き込まれ
	有害物質	希土類酸化物溶解時に突沸	希土類炭酸塩など	Zr-希土類酸化物	秤量機	坩堝	クレーン操作	熱い希土類酸性溶液との接触	アルカリ性液体との接触	トラバーサー	パレット	粉碎機
3	負傷部位・程度				挫滅創、骨折	骨折	挫滅創	左半身の薬傷	右足すねの薬傷	打撲	打撲	骨折
	休業日数等				不休	4日以上	4日以上	不休	不休	不休	不休	不休
	年齢				57歳	63歳	28歳	49歳	27歳 22歳	29歳	41歳	37歳
	経験年数(年)				3年	2年	7年	25年	9年 4年	0年	0年	5年
	自社(従業員、パート)／派遣／協力会社の別				自社(従業員)	自社(パート)	自社(従業員)	自社(従業員)	自社(従業員)	派遣	協力会社	自社(従業員)
4	直接要因	溶解条件	酸素濃度低下	不注意	安全管理(マニュアル)安全教育(投入シュート内の鋭利な断面のメタル片の上に、ペール缶を置こうとした際、バランスを崩した)	安全管理(設備)(リフターの爪に遊びが有り、坩堝が爪から外れ易い状態であった。坩堝の取っ手幅が狭かった:設備の不具合)	安全教育(無意識に、冷却板とガイド間に手を入れた)	希土類酸化物の投入が早過ぎ、急激に反応が進んだ。	保護具が適切でなかった。	トラバーサーとガイドの間隔が狭かった	パレットを足におとして打撲	回転体に手を入れた
	間接要因	安全教育(酸溶解に関する知識不足)	安全教育(酸素欠乏に関する知識不足)	安全管理(設備)(安全装置の不整備)	安全管理(設備)(マニュアル)(手作業で、投入シュートにペール缶に入った原料を投入する作業であった)	安全管理(マニュアル)(作業指針にリフターからの脱落注意の記載のみで、具体的ポイントが記載されていなかった:マニュアルの不備)	安全管理(設備)(冷却板ガイドの位置が不適切だった 危険表示がなかった)	安全教育(今回の反応量は初めてであった。希土類の反応に対する本人の理解不足。)	安全管理(マニュアル)(保護具が適切でなかった。)	安全教育(トラバーサーを押す人が声をかけたのに乗っている人が手をよけなかった)	安全教育(フォークリフトを使用しなかった)	安全教育(マニュアル)(標準書がない)
安全対策		安全教育(プロセス手順書の徹底)	安全教育(作業主任者による指示、酸素濃度測定、換気の徹底)	安全管理(設備)(安全装置の設置)	安全管理(マニュアル)(ペール缶の原料を、コンテナバックに詰替え、ホッパーに投入後、必要量を投入シュートに投入する方法を採用:作業方法の変更) 安全教育(KYTの実施)	安全管理(設備)(坩堝の取っ手の幅を広げた。リフター爪に固定ガイド設置) 安全管理(マニュアル)(具体的作業指針を作成し教育実施) 安全教育(KYTの実施)	安全管理(設備)(ガイド位置変更(手が入らない位置へ、危険場所表示) 安全教育(作業、安全意識教育、クレーン実習)	安全教育(希土類酸化物の溶解反応における注意事項をまとめ、教育を実施した。)	安全管理(マニュアル)(液が入らないように保護具での防御を見直す。)	安全教育(一人作業を徹底)	安全教育(出向受入社員へも安全教育を徹底)	安全教育(マニュアル)(標準書を作成)

■労働災害事例(希土類製造関係)

No.		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
発生年月		2005年11月17日	2005年12月20日	2005年12月21日	2006年3月4日	2006年5月28日	2006年6月15日	2006年8月25日	2006年12月12日	2007年8月30日	2007年10月4日	2008年3月29日
発災工程分類		反応工程(少量試作工程)	焼成工程	洗浄	原料液の移送	分級作業	溶解	反応工程	焼成工程	原料投入	切断	焼成工程
災害発生概要		希土類酸化物の酸溶解時、反応中の液が吹き上がり、熱い酸性液を浴びた。	通路を移動中、ターンテーブルに左足を掛けた時に足が滑りターンテーブルの角に足を打ちつけた。	ピーカー洗浄中に破損し、人差し指を裂傷	希土類液の容器移し替えの際に、飛び散った液が左眼に入った。	原料粉閉まり具合確認するためテーブルフィーダー点検窓を押したところ、窓に張っていたテフロンシートが破れ粉がこぼれ落ちたため、手で押さえた時テーブルフィーダー内部のインペラーと点検窓に指を挟まれて先端を欠損。	攪拌ペラに当たったアルカリ液が飛散し、目に入った。	中間品(粉体)を投入するためにそのフレコンを吊り上げたところ、フレコンのひもが切れて落下。中間品が眼に入った。	ホッパーに付着した中間製品をハンマーで叩いて落とす際、指をホッパー内の部品に打ちつけた。	重なった2缶の希土類合金(ペール缶)を持ち上げたところ、下側の1缶(約15kg)が足の上に落下し、打撲	ホースをカッターで切断中に人差し指を切った	工場内を掃除機で清掃中、飛散した粉体の塊が左眼に入った。
1	発災工程	原料投入作業	移動	洗浄	送液作業	分級作業	溶解	中間品投入作業	清掃	原料投入	切断	場内清掃
2	労働災害分類	有害物との接触	転倒	切れこすれ	有害物との接触	切れこすれ	有害物との接触	有害物との接触	動作の反動	飛来落下	切れこすれ	有害物との接触
	有害物質	熱い希土類酸性溶液との接触	設備に足を打ちつけた	ピーカー	希土類液に接触	設備(テーブルフィーダー)	アルカリ液	希土類化合物(粉体)に接触	設備に手を打ちつけた	ペール缶、リメルト用希土類合金	カッター	粉体と接触
3	負傷部位・程度	左足大腿部の葉傷	左足すねの裂傷	切創	左眼葉傷	切創	眼葉傷	眼炎症	右手小指の骨折	打撲	切創	左眼の眼炎症
	休業日数等	不休	不休	不休	不休	不休	不休	不休	不休	不休	不休	不休
	年齢	20歳	21歳	31歳	22歳	22歳	48歳	22歳	35歳	19歳	27歳	29歳
	経験年数(年)	2年	2年	1年	3年	0年	4年	4年	11年	0年	9年	4年
	自社(従業員、パート)／派遣／協力会社の別	自社(従業員)	自社(従業員)	自社(従業員)	自社(従業員)	派遣	自社(従業員)	自社(従業員)	自社(従業員)	自社(従業員)	自社(従業員)	自社(従業員)
4	直接要因	希土類酸化物の投入が早過ぎ、急激に反応が進んだ。	ターンテーブルに置いた足を滑らせた。	ピーカーの破損	保護メガネを着用していなかった。	インペラーと点検窓の間に挟まれた	蓋が開いていて飛び散る状況にあった	フレコンのひもが切れた。	設定量以上の投入と保護具未着用。	ペール缶が落下し、足を打撲	ホースを手で持ったままカッターで切った	保護メガネを着用していなかった。
	間接要因	安全教育(希土類の反応に対する本人、職場の理解不足。)	安全管理(設備)(通路が狭く、普通に歩いて通りにくい状況にあった。)	安全管理(設備)(素手で作業を行った)	安全教育(決められたルールを守っていなかった。)	安全管理(設備)(点検窓の材質が適切でなかった)	安全教育(保護メガネ不着用)	安全管理(設備)(吊り上げ中に、投入口に近づいた。)	安全教育(設備取扱いのルールを逸脱していた。)	安全教育(缶が重なっていた)	安全教育(決められた保護具の着用)	安全教育(保護メガネを着用していなかった。)
安全対策		安全教育(希土類酸化物の溶解反応における注意事項をまとめ、教育を実施した。)	安全管理(設備)(設備を改善し通路を確保した。)	安全管理(設備)(手袋の着用、ガラス製からポリピーカーに変更)	安全教育(安全教育の実施。作業場に保護メガネの収納ボックスを設置。)	安全管理(設備)(点検窓の材質を全てSUS製変更した)	安全教育(保護メガネ着用)、安全管理(設備)(薬液投入箇所変更でペラに当たらないようにした)	安全管理(設備)(吊り上げ中は、危険場所に人が入れないようにした。)	安全教育(保護具を含めルールの徹底。打ちつけ部品の取り外し。)	安全教育(缶は重ねない)	安全教育(ケブラー製手袋の着用徹底)	安全教育(掃除機で清掃中、保護メガネを着用するように指導した。)

■労働災害事例(希土類製造関係)

No.		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
発生年月		2008年4月15日	2008年4月21日	2008年6月18日	2008年8月25日	2008年8月27日	2008年8月29日	2008年10月8日	2008年10月9日	2009年7月6日	2009年12月24日	2010年4月26日
発災工程分類		原料準備	焼成工程	反応工程(少量試作工程)	反応工程	焼成工程	部材加工	清掃	反応工程	築炉	移動	焼成工程
災害発生概要		切断したドラム缶のバンドの切り目で膝下あたりを切った	自動稼働装置のトラブル対応中に、装置を一部稼働させた際に手が機械に挟まれた。	少量試作の反応において、アルカリ薬剤を投入中に飛び散った液が左眼に入った。	電動ハンドリフトをバックで走行中、コントロールできずボールとリフトに足を挟んだ。	台車を押している時に、台車のローラー部に右手を挟んだ。	部材をグラインダーで研磨中に膝下を切った	清掃作業中にバルブを破損し、タンク内のアルカリ液がかかった	作業着で顔を拭ったところ、作業着に付着していた希土類酸性液が眼に入った。	ケイ酸ソーダ溶液を移し替える際、飛散し、目に入った	工場内の4階から1階の作業場へ移動中、1階の階段の4段目から飛び降りた際、階段の張り出し部分に足が乗り、左足を捻った。	台車を後ろ向きで移動させている時に、手を台車部品に挟んだ。
1	発災工程	原料準備	異常対応作業	薬品投入作業	原料移動作業	台車移動作業	部材加工	清掃	反応作業	築炉	移動	台車移動作業
2	労働災害分類	切れこすれ	はさまれ巻き込まれ	有害物との接触	はさまれ巻き込まれ	はさまれ巻き込まれ	切れこすれ	有害物との接触	有害物との接触	有害物との接触	動作の反動無理な動作	はさまれ巻き込まれ
	有害物質	ドラム缶の切り口	駆動設備部に挟まれ	反応液との接触	ボールとハンドリフトに挟まれ	台車部品に挟まれ	グラインダー	アルカリ液	希土類酸性溶液との接触	ケイ酸ソーダ溶液	階段	台車部品に挟まれ
3	負傷部位・程度	切創	右手の打撲	左眼の眼薬傷	右足小指の骨折	右手の打撲	切創	薬傷	眼薬傷	眼薬傷	捻挫	左手薬指と小指間の小骨の骨折
	休業日数等	不休	不休	不休	不休	不休	不休	不休	不休	不休	不休	不休
	年齢	30歳	24歳	23歳	25歳	25歳	26歳	50歳	26歳	37歳	36歳	58歳
	経験年数(年)	0年	6年	5年	6年	1年	8年	6年	1年	0年	5年	14年
	自社(従業員、パート)／派遣／協力会社の別	自社(従業員)	自社(従業員)	自社(従業員)	自社(従業員)	自社(パート)	自社(従業員)	協力会社	自社(従業員)	自社(従業員)	協力会社	自社(パート)
4	直接要因	ドラム缶の切り口	稼働部分に手を置いた。	保護メガネを着用していなかった。	スピードの出し過ぎ。	不注意でローラー部に右手を入れた。	グラインダーの跳ね返り	アルカリ液がかかった	酸性液が付いた作業着で顔を拭った。	ケイ酸ソーダ溶液が飛散し目に入った	階段の張り出し部で足を捻った	足元に注意していたため手元が注意不足。
	間接要因	安全管理(マニュアル)(ドラムバンドをドラムごと切断しないと取れない)	安全管理(マニュアル)(異常内容の誤認と異常対応時の手順がなかった。)	安全教育(普段どおり作業台に上がらずに作業した。本人の安全意識の欠如。)	安全教育(電動ハンドリフトの操作教育不足。リフト自体が加速しすぎであった。)	安全管理(設備)(手を挟みやすい構造になっていた。)	安全教育(片手で作業した)	安全管理(設備)(不要バルブを放置)	安全教育(薬品に関する安全指導不足。)	安全教育(保護メガネをしていなかった)	安全教育(階段の4段目より飛び降りた)	安全管理(設備)(レール内に日常的に入って作業していた。)
安全対策		安全管理(マニュアル)(鋭利な切り口は叩いて処理をする)	安全管理(マニュアル)(手順の作成。この異常は一人で対応することにした。)	安全教育(安全教育の実施。保護具を各作業所に設置。)	安全教育(教育の徹底とリフトの改造。)	安全管理(設備)(ローラーの位置を変更する。)	安全教育(片手作業の禁止)	安全管理(設備)(バルブをフランジ部分から撤去)	安全教育(安全教育の実施。)	安全教育(保護具着用を徹底する)	安全教育(階段昇降時ルールの徹底)	安全管理(設備)(レール内に入る必要がないように設備を改善。)

■労働災害事例(希土類製造関係)

No.		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
発生年月		2010年10月4日	2010年10月15日	2010年11月2日	2010年12月2日	2011年1月18日	2011年3月14日	2011年3月14日	2011年4月2日	2011年5月19日	2011年6月7日	2011年6月10日
発災工程分類		反応工程(少量試作工程)	電極交換	取り出し	切断	点検	移動	焼成	歩行	原料溶解	溶解炉清掃作業	粉碎
災害発生概要		少量試作の中間品のろ過時、設備の操作ミスによりアルカリ性の液を浴びた。	電極をホイストで吊り上げた際、指を挟まれた	金型からメタルを取り出す際、立てかけていた別の金型が倒れ、足を骨折。	切断機と取り出したメタルに指を挟まれ骨折	回転体のボルトの増し締めを行い軍手ごと巻き込まれた。	防液堤をまたいだ際に足場のブロックにつまづき剥離骨折	ドラム缶の上に載って作業中、ふたがひっくり返り、陰部裂傷	階段を踏み外して捻挫	原料溶解槽原料投入中、槽内の塩酸スラリー液(塩酸濃度10～20%)が液跳ねし、右目に入り右眼角膜上皮損傷。	第2CC溶解炉清掃作業中に炉内より異常燃焼発生にて負傷する。	粉碎機内の高温水に手を触れたため火傷
1	発災工程	ろ過作業	電極交換	取り出し	切断	点検	移動	焼成	歩行	原料溶解	溶解炉清掃作業	粉碎
2	労働災害分類	有害物との接触	はさまれ巻き込まれ	飛来落下	はさまれ巻き込まれ	はさまれ巻き込まれ	激突	墜落転落	墜落転落	有害物との接触	高温低温の物との接触	高温低温の物との接触
	有害物質	アルカリ性液体と接触	設備	金型	切断機	加熱冷却機	コンクリートブロック	ドラム	階段	塩酸	Mg	高温
3	負傷部位・程度	顔、上半身の薬傷	切創	骨折	骨折	骨折	骨折	打撲	捻挫	眼薬傷	打撲、熱傷の疑い	火傷
	休業日数等	不休	不休	不休	不休	不休	不休	4日以上	不休	不休	不休	不休
	年齢	39歳	46歳	45歳	51歳	47歳	56歳	49歳	37歳	30歳	32歳 38歳	62歳
	経験年数(年)	18年	20年	15年	0年	1年	5年	30年	7年	0年	14年 4年	4年
	自社(従業員、パート)／派遣／協力会社の別	自社(従業員)	自社(従業員)	自社(従業員)	派遣	自社(従業員)	派遣	自社(従業員)	自社(従業員)	派遣	自社(従業員)	協力会社
4	直接要因	バルブ操作の間違い。	挟まるおそれがあるのにホイストを稼働させた	金型が倒れて足を骨折	手でメタルを取り出そうとして挟まれた	自動回転中に手を出し、挟まれた	仮設のブロックを踏み台にしていた	ドラム缶のふたがひっくり返った	滑り止めテープが劣化していた	酸性液が飛散し、眼に入った	炉内の活性付着物に着火した。	高温水に手を入れた
	間接要因	安全管理(マニュアル)(少量設備での作業手順、安全管理が不十分。)	安全管理(設備)(クレーン作業者から作業者が見えず、声掛けもなかった)	安全教育(組立て型の金型なので分離する必要がある)	安全管理(設備)(カバーがない)	安全管理(マニュアル)(指導したベテランも同じ方法だった)	安全管理(設備)(防液堤の中に人が立ち入る構造になっていない)	安全教育(ドラム缶を作業台替りにした誤用)	安全管理(設備)(水で床の清掃を行って階段まで濡れて滑りやすくなっていた)	安全教育(保護メガネを未着装)	安全管理(マニュアル)(活性が高い時の判断基準がない)	安全管理(設備)(カバーがなかったので手が入った)
安全対策		安全管理(マニュアル)(設備)(設備面、作業手順での安全対策と教育を実施。)	安全管理(設備)(声掛けの徹底。挟まるような箇所を持たない。)	安全教育(置場を再教育)	安全管理(設備)(専用治具を使用)	安全管理(マニュアル)(メンテ中は手で回転させながら行う)	安全管理(設備)(階段の設置や通路を確保)	安全教育(誤用をしないことの周知徹底)	安全管理(設備)(滑り止めテープの張り替え)	安全教育(保護メガネ着装の徹底) 安全管理(設備)(液跳ね防止板の設置)	安全管理(マニュアル)(活性が高い時の判断基準を作成)	安全管理(設備)(中身を見れるように改造)

■労働災害事例(希土類製造関係)

No.		42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
発生年月		2011年11月21日	2011年11月30日	2011年12月27日	2012年8月9日	2013年8月24日	2013年10月19日	2013年12月11日	2014年2月25日	2014年3月17日	2014年4月24日	2014年6月20日
発災工程分類		切断	溶解作業	点検	解体	切断	作業	反応	溶解作業	点検作業	場内移動	反応工程
災害発生概要		メタルを切断中に切断機とメタルの間に指を挟まれた	解作業完了し詰所に戻る時に、通路上の開口部の蓋がずれて右足を踏み抜き打撲した。	点検でシャフトを外していた際、エア一圧でシャフトが押し出され、太ももを裂傷	作業架台から足を滑らせて落下中に裂傷	メタルを切断中に切断機とメタルの間に手を挟まれた	金型をクレーンで吊り上げた際、フックが外れて足を裂傷	希土類酸化物溶解時に、急激な反応によりガスが過剰発生した。	タンディッシュ予熱用台車(油圧ハンドリフター)の降下操作中に右手人差指を挟まれた。	設備横に設置されている階段を昇ろうとした際、階段横にある隣の設備のモーターベルトカバーの角に右膝を強打し被災。	夜勤時、別の建屋に移動中、原料ヤード内を小走りで通行中、配管根巻きにつまずき転倒。右足を捻った。	原料投入時に、原料フレコンを切る際にカッター刃が左親指に接触し裂傷した。
1	発災工程	切断	溶解作業	点検	解体	切断	作業	原料投入作業	溶解作業	点検作業	場内移動	原料投入
2	労働災害分類	はさまれ巻き込まれ	激突	激突され	墜落転落	はさまれ巻き込まれ	飛来落下	有害物との接触	はさまれ巻き込まれ	切れこすれ	転倒	切れこすれ
	有害物質	切断機	設備	炉	炉体	切断機	金型	酸化性ガスの吸引	設備	設備	配管根巻きにつまずき転倒	カッター刃に指が接触
3	負傷部位・程度	裂傷	打撲	裂傷	裂傷	裂傷	裂傷	異常なし	右示指切断	裂創	右足首の剥離骨折	左親指の裂傷
	休業日数等	不休	不休	不休	不休	不休	不休	4日未満	休業	不休	4日以上	不休
	年齢	38歳	20歳	40歳	44歳	34歳	27歳	38歳 23歳 40歳	34歳	49歳	25歳	39歳
	経験年数(年)	0年	2年	2年	2年	4年	2年	13年 5年 7年	1年	3年	7年	13年
	自社(従業員、パート)／派遣／協力会社の別	派遣	自社(従業員)	派遣	自社(従業員)	自社(従業員)	自社(従業員)	自社(従業員2名①②、パート1名③)	派遣	派遣	自社(従業員)	自社(従業員)
4	直接要因	跳ね上がるメタルと切断機に挟まれた	開口部蓋が一部変形していたことで蓋が抜けやすくなっていた。	エア一圧の抜き忘れ	細い設備架台に足をかけて作業をした	跳ね上がるメタルと切断機に挟まれた	金型が外れて足を裂傷	希土類酸化物の投入が早過ぎた。	タンディッシュ予熱用台車の昇降ストッパが無く、手指の挟まれ対策及び点検が不十分であった。	Vベルトカバーの角にぶつけた	暗い中で、足元の不注意。	不慣れな作業で注意不足。
	間接要因	安全管理(設備)(カバーがない)	安全管理(設備)(作業通路にもかかわらず開口部蓋があった)	安全管理(マニュアル)(装置トラブルの対応マニュアルがない)	安全管理(設備)(スペースが狭く、地上から回り込んでの作業が出来なかった)	安全管理(設備)(カバーがない)	安全管理(設備)(フックは目視確認だけだった)	安全管理(マニュアル)(投入速度の手順が明確でなかった。)	安全管理(マニュアル)(厳守事項の記載がなかった)	安全管理(設備)(Vベルトカバーの角部が剥き出しであった)	安全管理(マニュアル)(配管の多い原料ヤードを通行していた。工場内での通行のルールが不徹底。)	安全管理(設備)(フレコンが揺れるため、添え手が必要な作業になっていた。)
安全対策		安全管理(設備)(カバー設置)、安全教育(応急対策として切断中はメタル手を添えない事)	安全管理(設備)(蓋が落ちないように溶接止めを行い、開口蓋を作業通路から外す)	安全管理(マニュアル)(異常時マニュアルを作成)	安全管理(設備)(周辺を整理し、地上作業を可能にした)	安全管理(設備)(両手スイッチに変更)	安全管理(設備)(金型吊り具開き防止バーを設置)	安全管理(マニュアル)(手順を明確にした。) 安全管理(設備)(また過剰に投入できないように設備を改善した。)	安全管理(設備)(安全対策をした台車に変更)、安全教育及び安全管理(マニュアル)(厳守事項追記と再教育)	安全管理(設備)(Vベルトカバー角部が緩衝材を取り付けた)	安全管理(マニュアル)(工場内で通行のルールを定める。)	安全管理(設備)(架台を設置し、フレコンを固定する。)

■労働災害事例（希土類製造関係）

No.		53	54	55	56	57	58	59	60	61
発生年月		2014年9月7日	2014年10月20日	2014年11月6日	2015年1月15日	2015年2月4日	2015年2月10日	2015年3月25日	2015年4月30日	2015年5月19日
発災工程分類		焼成工程	反応工程	メンテナンス	トラバーサ（重量物移動）	移動	切断	焼成工程	清掃	濾過
災害発生概要		中間品をフレコンに投入する準備中に作業台から転落した。	酸性薬品を送液する時に、ポンプ部が破損し薬液が飛散し、薬品を浴びた。	排水中和用の酸溶液配管の切断する際、間違ってアルカリ溶液配管を切断。アルカリ液が飛散し右ひだに掛かった。	重量約4tの台車を2人で移動した。引側の足先がトラバーサ下の隙間に入り挟まれた。（安全靴破損）過去、引側で積荷転倒事故も発生し、押側での作業を指導していた。	クレーンでドラム缶を移動時にフォークリフトとドラム缶に手を挟まれた	サンプル容器をカッターで切断中に手を切った	異常対応で安全チェーンと支え棒を外して作業中、床面の支え棒の枠（でっばり）につまずき転倒し、柱に手を打ちつけた。	分電盤の下にあったコンセントに掃除機のコンセントを差し込もうとかがんだ際に額を切った	濾過機の濾板を移動中にブロックと濾板の間に手を挟まれた
1	発災工程	中間品投入準備作業	薬品送液作業	薬品の配管工事作業	トラバーサ（重量物移動）	移動	切断	異常対応作業	清掃	濾過
2	労働災害分類	墜落転落	有害物との接触	有害物との接触	はさまれ巻き込まれ	はさまれ巻き込まれ	切れこすれ	転倒	激突	はさまれ巻き込まれ
	有害物質	作業台から落下	酸薬品に接触	アルカリ薬品に接触	トラバーサ	クレーン	カッター	床面の支え棒の枠につまずき転倒	分電盤	濾過機
3	負傷部位・程度	肋骨の骨折	全身の薬傷	右ひざの薬傷	足指骨折	裂傷	裂傷	右手の打撲	裂傷	裂傷
	休業日数等	4日以上	4日以上	不休	不休	不休	不休	不休	不休	不休
	年齢	—	44歳	38歳	22歳	48歳	30歳	49歳	38歳	46歳
	経験年数（年）	1年	26年	11年	3年	0年	0年	31年	0年	0年
	自社（従業員、パート）／派遣／協力会社の別	派遣社員		自社（従業員）	自社（従業員）	派遣	派遣	自社（従業員）	派遣	派遣
4	直接要因	足を踏み外した。	破損したポンプの材質が適切でなかった。	切断する配管を間違えた。	トラサーバーの間に隙間があった為	ドラム缶を手で止めようとして挟まれた	不安定な丸い容器をカッターで切った	床面が暗く、支え棒の枠に気が付かなかった。	コンセントの真上に分電盤が飛び出していた	稼働中の物を手で直そうとして挟まれた
	間接要因	安全管理（設備）（作業自体が無理な体制での不安全な作業であった。）	安全管理（マニュアル）（ポンプ更新時の確認不足。保護具の着用が不十分。）	安全教育（一部の溝蓋のみ外して作業したため、配管の確認が不十分だった。）	安全管理（設備）（隙間があった）	安全管理（設備）（クレーンの通行箇所にはフォークリフトを停車させた）	安全教育（元々中身は溶かして出すことになっていた）	安全管理（設備）（床面が暗い中、支え棒を抜くと床面にでっぱりがでる状態であった。）	安全教育（ヘルメット不着用）	安全管理（設備）（緩んでいた部品を放置していた）
安全対策		安全管理（設備）（作業台の改善。）	安全管理（設備）（設備購入時の材質確認の設定。作業員が薬品を浴びないレイアウト変更。安全教育（保護具着用の教育実施。）	安全教育（配管が隠れているか所では、できるだ開口しライン位置を十分に確認して作業するように教育を実施。）	安全管理（設備）（隙間を無くす様溝を埋める）安全教育（引かず、押す作業に作業改定）	安全管理（設備）（クレーン通行箇所の場所を確保）	安全教育（この工程ではカッターの使用禁止）、安全管理（マニュアル）（カッターを使用せず、溶解する事）	安全管理（設備）（支え棒が抜けないように改善。また目立つようにペンキを塗った。床面を照明を設置した。）	安全管理（設備）（分電盤を移設した）	安全管理（設備）（部品は定期点検する。手が入ると止まるようなセンサーを検討）

希土類製品の製造および使用上の 注意事項／ガイドライン

2016 年 3 月改訂

一般社団法人 新金属協会 希土類部会

本冊子の目的とお願い

1995年7月1日に「製造物責任法」(P L 法)が施行されたことを機に、希土類製品に共通する各種の問題点を整理し、ユーザーの皆様へ安全な使用法あるいは取扱法を知っていただくことは、メーカーとユーザー双方の利益になるとの判断から、1996年2月に、新金属協会希土類部会として「希土類製品の使用上の注意事項／ガイドライン」の初版を取りまとめて、ユーザー各位の便に供させていただきました。

しかし、それから約20年が経過し、今年度、新金属協会災害防止対策安全委員会の希土類ワーキンググループの活動が開始されることとなり、本協会の行動計画を策定する過程で、製造者における保安事故や労働災害も発生しており、製造者にも有益となるよう、この冊子の見直しが必要であるとの結論に至り、この度、2016年3月改訂版として本冊子を刊行することとなりました。

本冊子の内容は主としてユーザー各位の技術者および作業員、あるいは希土類製品を取り扱う研究者や学生を対象として取りまとめましたが、希土類製品は今日では非常に多くの分野で使用されておりますので、製造者および最終ユーザー各位におかれましても、本冊子の内容を参考に、希土類製品の製造および使用にあたり十分ご注意くださいよう、お願い申し上げます。

また、本冊子の内容は希土類製品に共通する基本的な事項を取りまとめたものですので、個別製品を製造、ご購入、ご使用の際は、当該製品の安全データシート(S D S)をお取り寄せいただき、本冊子と合わせて安全な製造および使用にお役立てくださいますよう、併せてお願い申し上げます。

本冊子が、希土類製品を取り扱うすべての関係者にとって、安全と安心をもたらすための一助となることを期待しております。

2016年3月

一般社団法人新金属協会

希土類部会長 古跡 隆一郎

目 次

頁

I. ユーザー各位

1. 希土類全般に関わる注意事項

- (1) 固体および粉体状の製品 1
- (2) 液状の製品 1

2. 希土類各製品の使用上の注意事項

(1) 酸化物（酸化希土）

- (a) 酸溶解時の注意 2
- (b) 酸化物と水との反応(水和反応)に対する注意 3
- (c) 保管に対する注意 3
- (d) 人体付着に対する注意 3
- (e) 異種酸化物混入に対する注意 3

(2) 水酸化物（水酸化希土） 4

(3) 炭酸塩（炭酸希土） 4

(4) フッ化物（フッ化希土） 4

(5) 塩化物（塩化希土） 4

(6) 硝酸塩（硝酸希土） 5

(7) 硫酸塩（硫酸希土） 5

(8) 希土金属、希土合金

- (a) 粉体に関する注意 5
- (b) 粉砕、切削等、機械加工時の注意 5
- (c) 溶解作業時の注意 6
- (d) 水、その他の物質との反応性に関する注意 6
- (e) 塊状金属合金の取扱い上の注意 6
- (f) 保管、運搬、その他に関わる注意 6

II. 製造者各位

1. 製造フローと製造上の注意事項

- (1) ケミカル製造フローと製造上の注意事項 8

(2) 金属・合金製造フローと製造上の注意事項	9
2. 希土類の製造プロセスにおける潜在危険性と安全対策	
(1) ケミカル製造における潜在危険性と安全対策	10
(2) 金属・合金製造における潜在危険性と安全対策	12
III. ユーザー各位および製造者各位	
1. 希土類に関する毒性データ	15
2. 希土類に関するGHS分類	15

希土類とはランタン、セリウム……ルテチウムまでの15元素にスカンジウム、イットリウムの2元素を加えた17元素の総称です。これら17元素はそれぞれに性質が異なり、個々の元素に応じた取扱注意事項と、希土類全体に共通する取扱注意事項とがあります。

以下の文中において、希土あるいは希土類と記されている場合は、希土類個々の元素すべてに当てはまるものとします。

I. ユーザー各位

1. 希土類全般に関わる注意事項

(1) 固体および粉体状の製品

取扱いには、下記の点に注意してください。

(a) 吸い込まないように、マスクを着用してください。

(b) 食べたり、飲んだりしないでください。

(c) 眼に入らないように、保護眼鏡を着用してください。

(d) 体に付着させないようにしてください。特に傷のついている個所には絶対に付着させないように、手袋、面付きヘルメットを着用してください。

(e) 粉体状の製品は発塵によって眼、鼻など人体に影響を与えますので取扱いには防塵マスク、保護眼鏡を着用し、作業場では局部換気扇などを用いてください。

(f) 酸溶液に一度に投入すると、反応熱により突沸し非常に危険ですので、少量ずつ攪拌しながら投入してください。

(g) 希土類は全般的に湿気、水分と反応し化学変化による材質の劣化、発熱、発火等を引き起こします。

そのため保管に当たっては、必ず密閉容器を使用してください。保管場所についても、雨水などのかからない乾燥した換気の良い所を選んでください。

(h) 保管容器には、必ず製品名（もしくは化学物質名）が記載されたラベルを貼付して、内容物の特定ができる様にして下さい。

(2) 液状の製品

容器の破損によって溶液が流出し、物的、人的損害が発生しますので、取扱いには上記(1)の注意事項の他、特に次の点に注意してください。

(a) 運搬、保管には、容易に破損しない容器(強化プラスチック製とか内袋プラスチックの金属製容器等)を使用するか、そうでない場合にはその取扱いには十分な注意を払うようにしてくだ

さい。

(b) 内容物の表示と取扱い上の注意事項を記載し、流出時の対処としての中和方法も表示してください。

《内容物表示》…………… 希土類は塩基性度が高いため、通常中性溶液は少なく弱酸性か、強酸性溶液が多い。その旨の表示と酸の種類表示が必要です。

(例) “硝酸ランタン溶液” 酸濃度 1.0 規定

《取扱い上の注意事項》… 溶液は、眼、口、鼻に入れたり皮膚につけたりすることが絶対にないように注意してください。

《流出時の対処》……… アルカリで中和する必要がありますが、アンモニア水、苛性ソーダ等はそれ自体危険物であるため、中和剤としては炭酸カルシウム、消石灰などが適切です。

2. 希土類各製品の使用上の注意事項

(1) 酸化物(酸化希土)

(a) 酸溶解時の注意

① 突沸現象

希土類の酸化物を塩酸、硝酸などの酸で溶解する際には、多量の熱が発生します。そのため、酸化物に濃い酸溶液を一度に大量投入したりすると、反応熱により突沸、被液し火傷や薬傷することがあります。現場レベルだけでなく、実験室でのビーカースケールの作業でもよく起こるので注意をお願いします。

【対策】…… 突沸を防ぐには、酸溶液の中へ酸化物を少しずつ加えるか、酸化物を水でスラリー化しておいて、酸を少しずつ加えるなどの方法をとってください。
特に酸化セリウム(CeO_2)、酸化プラセオジム(Pr_6O_{11})、酸化テルビウム(Tb_4O_7)は溶解性が悪いため、酸を大量投入しがちなのでよく注意してください。

② 有毒ガス、酸性ミストの発生

酸溶解時の発熱による蒸気発生に伴って、酸性ミストが発生し薬傷する場合がありますので、急激な溶解を避ける必要があります。

また、酸化セリウム(CeO_2)、酸化プラセオジム(Pr_6O_{11})、酸化テルビウム(Tb_4O_7)は、溶解時の強い還元作用のため塩酸(HCl)を分解して塩素ガス(Cl_2)や硝酸(HNO_3)を分解

してノックス (NO_x)を発生させ、薬傷する危険があります。

【対策】…… どちらの場合も換気の十分な場所で溶解するか、ミスト、ガスの洗浄、除去装置を備えた所で溶解するようにしてください。

(b) 酸化物と水との反応(水和反応)に対する注意

酸化物の種類によっては、水と反応し発熱、沸騰および膨脹するものがあります。酸化ランタン (La₂O₃)は室温で、酸化ネオジム (Nd₂O₃)は摂氏数十度に加温すると水和します。

酸化サマリウム (Sm₂O₃)、酸化ユウロピウム (Eu₂O₃)、酸化ガドリニウム (Gd₂O₃) も加熱すると水和します。その水和反応により次のような危険が予想されます。

工程中	上記酸化物を水と混ぜスラリーにしたとき、発熱突沸し作業員が火傷する。 酸化物をボールミル中で湿式混合粉碎中に発熱膨脹し、ボールミルが破損する。
運搬時	梱包容器から酸化物が漏洩し、水がかかり発熱し、混載していた他の製品の品質劣化を引き起こす。
保管時	酸化物に水がかかり発熱し、紙などの包装材が発火し火災を引き起こす。 酸化物に水がかかり発熱膨脹し、包装容器が破裂する。
その他	火災時に延焼を避けるため少量の水を酸化物にかけたため、激しく発熱する。

【対策】…… 作業中は急激なスラリー化をせず、発熱、膨脹を加減しながら徐々にスラリー化を行ってください。

運搬保管に当たっては、酸化物に水が絶対かからないようにすることと、包装容器に配慮してください。

(c) 保管に対する注意

酸化物は空気中の水分、炭酸ガスと反応して水酸化物、炭酸塩になるなど変質による物的損害、トラブルが発生することがあります。保管は大気との接触をできるだけ避け密封保管をし、吸湿防止に努めてください。

なお、吸湿性は軽希土類ほど強い傾向にあります。

(d) 人体付着に対する注意

塩基性の強い軽希土酸化物は、皮膚粘膜に付着すると炎症を起こすことがありますので、極力付着させないよう保護具を着用するなどの注意が必要です。また付着した場合は大量の水で洗い流してください。

(e) 異種酸化物混入に対する注意

希土酸化物同士が混ざり合うとそれぞれの特性に応じた用途物性が発揮できず、多大の物的損害を与えることになります。

外観が同じ白色の酸化ランタン(La_2O_3)、酸化ガドリニウム(Gd_2O_3)、酸化ジスプロシウム(Dy_2O_3)、酸化ツリウム(Tm_2O_3)、酸化イッテルビウム(Yb_2O_3)、酸化ルテチウム(Lu_2O_3)、酸化イットリウム(Y_2O_3)等は間違いやすく注意が必要です。

特に酸化ガドリニウム(Gd_2O_3)を可燃毒(中性子吸収材)として使用する場合、酸化ガドリニウム(Gd_2O_3)と他の希土酸化物とを厳重に識別してください。

酸化ガドリニウム(Gd_2O_3)を使用するつもりで他の希土酸化物を誤って使用した場合は、熱中性子を吸収しないため重大事故になります。

(2) 水酸化物 (水酸化希土)

皮膚、粘膜に付着すると炎症を起こすことがありますので、極力付着させないように保護具を着用するなどの注意が必要です。また、付着した場合は大量の水で洗い流してください。

(3) 炭酸塩 (炭酸希土)

酸と反応して炭酸ガスを放出するので、場合によっては酸欠などが生じる恐れがあります。また、酸溶液の中に大量の炭酸塩を一度に投入することで、発泡により酸溶液が吹き上がり薬傷することがあります。

【対策】……「酸と急激に反応して炭酸ガスを発生するため、酸欠の危険性があります」との警告表示をしてください。また、運搬保管で酸との接触をしないように配慮してください。

なお、酸溶液に溶解させる場合は、少量ずつ添加するようにしてください。

(4) フッ化物 (フッ化希土)

空気中で加熱するとオキシフッ化物になり、フッ素ガスが発生し危険です。空気中で加熱する場合は、発生するフッ素ガスを除去するために、苛性カリ、苛性ソーダ等のアルカリ溶液を洗浄液とするガス洗浄装置を使用してください。

(5) 塩化物 (塩化希土)

①塩化希土を高温に加熱すると、有毒な塩素ガスを発生しますので、加熱する場合は発生する塩素ガスを除去するために、苛性カリ、苛性ソーダ等のアルカリ溶液を洗浄液とするガス洗浄装置を使用してください。

②塩化希土は、潮解性および凝固性が強いので、密封保管をしてください。

無水塩化希土は水と激しく反応し発熱を伴って塩化希土溶液になります。

③一度に大量の無水塩化希土を水に溶解させないでください。

(6) 硝酸塩（硝酸希土）

①高温に加熱すると、有毒なNO_xガスが発生しますので、加熱する場合は、発生するNO_xガスを除去するために、尿素溶液等を洗浄液とするガス洗浄装置を使用してください。

②潮解性および凝固性が強いので密封保管をしてください。

③硝酸希土は、酸化性の強い物質ですので有機物との混合、加熱、衝撃、摩擦、分解を促進する他の薬品、酸化されやすい物質との接触等々により爆発、発火することがあります。

その取扱い、保管については、適用法規《消防法第2条危険物第1類、労働安全衛生法施行令別表第1危険物(酸化性のもの)》の基準を遵守してください。

(7) 硫酸塩（硫酸希土）

高温に加熱すると、有毒なSO_xガスが発生しますので、加熱する場合は発生するSO_xガスを除去するために、苛性カリ、苛性ソーダ等のアルカリ溶液を洗浄液とするガス洗浄装置を使用してください。

(8) 希土金属、希土合金

(a) 粉体に関する注意

希土金属および希土合金の粉体は非常に酸化されやすく、空気中に放置したり、加熱したりすると、発火し急速に燃焼します。また粉塵爆発の危険性もあります。そのため、保管に当たっては真空パックするか、不活性ガス雰囲気中に置くようにしてください。さらに万一の発火に備え、粉末消火器や空気遮断用の砂、食塩を用意してください。また、特殊消火器具(金属火災用薬剤散布器)も有効です。

(b) 粉砕、切削等、機械加工時の注意

前項(a)で述べた粉体の性質から、希土金属、希土合金の粉砕時に粉砕粉が発火したり、切削、穴あけ等の機械加工時の切り粉や研削粉が自然発火したり、摩擦、衝撃により発火したりします。

粉砕は当然不活性雰囲気中で行いますが、ハロゲンを含む有機溶媒中で粉砕すると、爆発の危険性がありますので、注意が必要です。

切削加工等で発生した切り粉や研削粉は速やかに回収し燃やしてください。

また、作業場では万一の発火に備え、粉末消火器や空気遮断用の砂、食塩および特殊消火器具(金属火災用薬剤散布器)を用意してください。

さらに、作業で発生した金属粉を回収するときは、電気掃除機の使用を避けてください。
掃除機内部で発火することがあります。

また、作業場内で微粉塵が堆積した箇所から自然発火する場合がありますので、掃除を常時行ってください。希土金属の表面をワイヤブラシ等で研磨するとき、発熱発火する場合がありますので、よく冷やしながら行ってください。

(c) 溶解作業時の注意

熔融希土金属と水が接触すると、水蒸気爆発の危険性があります。

熔融希土金属に金属シリコンを添加すると激しく発熱します。

一般的なアルミナやマグネシアの耐火物坩堝（るつぼ）は、希土類による還元が進行するので、高温、長時間の溶解は避けるべきです。

溶解作業終了後、溶解炉蓋開放時に、炉全体に付着した微粉が発火する場合があります。

溶解後の発生スラグは非常に活性が強いので取扱いには注意が必要です。不用意に廃棄しますと、廃棄場で火災を発生したりします。

発生スラグは燃焼させて安全な酸化物に変えるか、大量の水で処理し不活性化します。

少量の水で処理しますと発熱により高温になり、かえって危険です。

(d) 水、その他の物質との反応性に関する注意

強酸、強酸化剤、ハロゲンとの反応性が強く、衝撃を与えたり加熱すると爆発の危険があります。水や酸液に浸漬すると、反応により水素ガスが発生し、さらにその反応熱で水素ガスが着火し爆発的に燃焼することがあります。十分な換気を行うと共に一度に大量の処理を行うことは避けてください。

(e) 塊状金属合金の取扱い上の注意

長時間大気中に放置すると、酸化され振動等により自然発火することがありますので、密封、不活性雰囲気中での保管等を行うようにしてください。

塊のエッジや表面のバリで、使用时負傷することがありますので作業手袋等を着用して取り扱ってください。

(f) 保管、運搬、その他に関わる注意

製品開封後の使用残を再密封せず、そのまま置いておいたりすると発火し、火災につながる事故になります。保管時は密封、不活性雰囲気中に保存するよう注意してください。

運搬、輸送時の衝撃で発火したり、交通事故等による車両火災で引火したり、放水による発

火によって消火作業者が火傷したりすることがあります。安全データシートに記載されているGHSラベル表示を行い、運転手等への注意喚起をして下さい。

側溝等にこぼれた金属と雨水が反応してアルカリ性となり、排水規制法に触れる場合がありますので取扱い、清掃には十分注意してください。

アレルギー体質の人は金属アレルギーを起こす場合がありますので、素手では取り扱わないようにしてください。

II. 製造者各位

1. 製造フローと製造上の注意事項

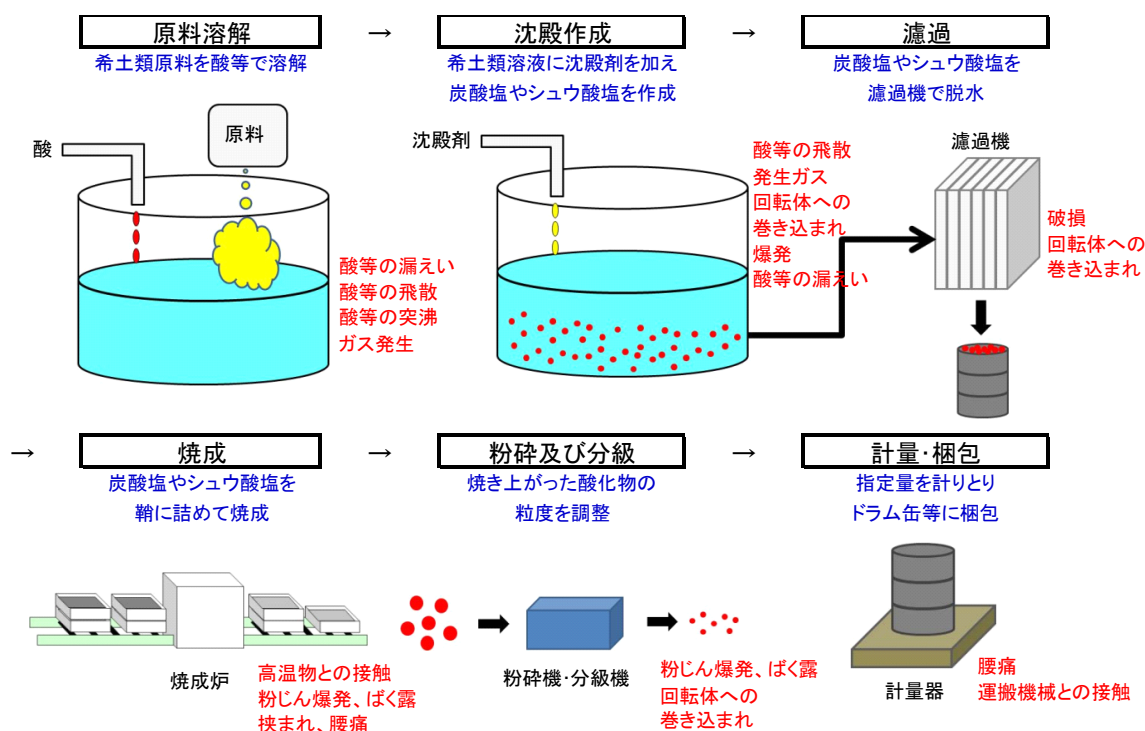
日本国内における希土類製造では、大きく分けてケミカル製造と金属・合金製造が行われています。以下に代表的なフローを示し、青字で簡単な工程の説明、赤字で注意すべき危険ワードを記載いたしました。

第2項「希土類の製造プロセスにおける潜在危険性と安全対策」と合わせて参照いただき、事前に危険予知活動などを実施し、十分ご注意ください。

(1) ケミカル製造フローと製造上の注意事項

ケミカル製造は原料の希土類塩類や酸化物の酸による溶解、溶けた希土類溶液に沈殿剤を加え沈殿作成、沈殿物を濾過機で濾過（脱水）、濾過（脱水）ケーキを電気炉等で焼成、焼き上がった酸化物を粉碎および分級し粒度調整、最後に計量・梱包という流れになっています。

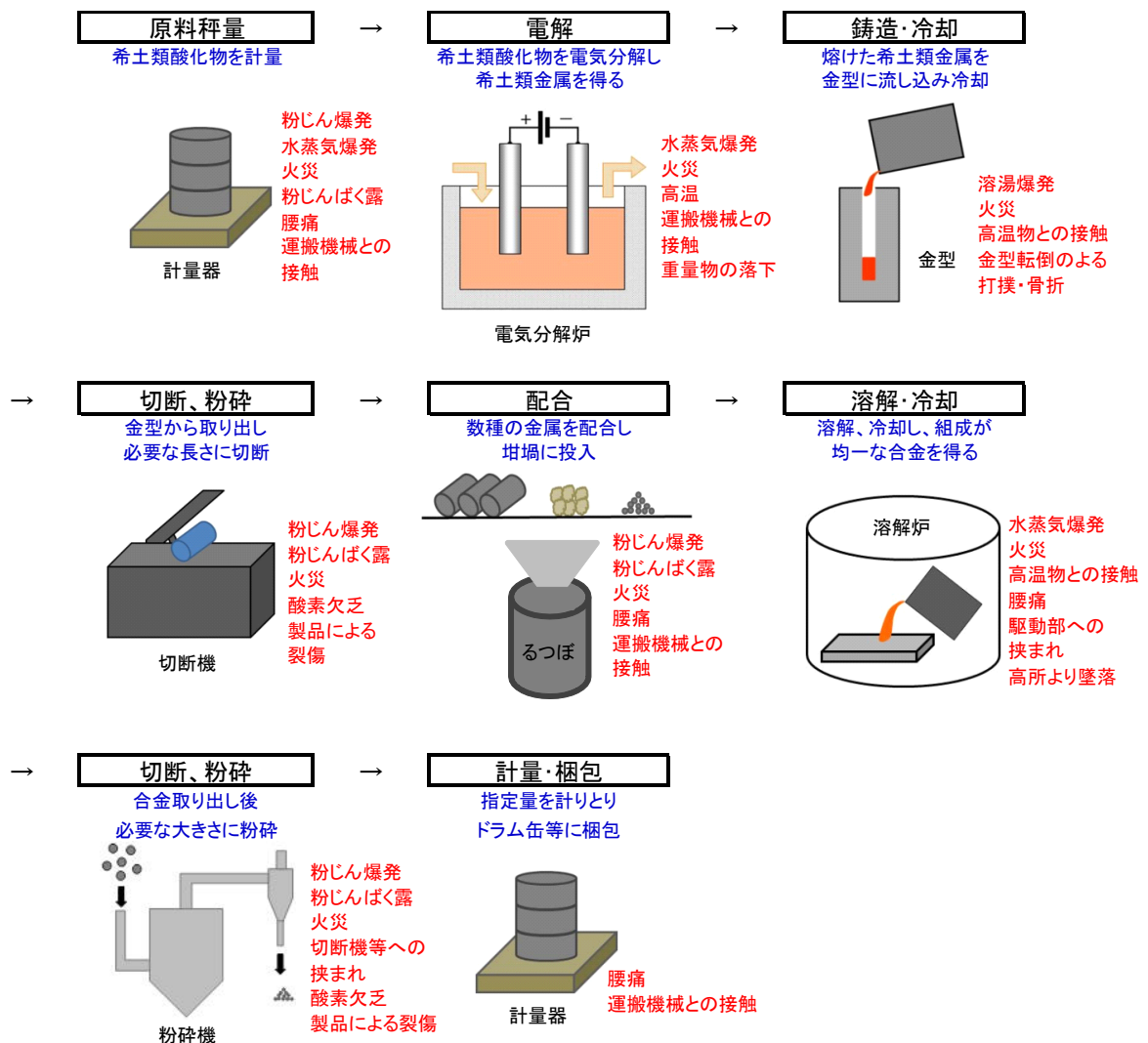
また、その中で原料溶解工程での有害物との接触や焼成工程での挟まれによる労働災害の割合が高くなっておりますので、特にご注意ください。



(2) 金属・合金製造フローと製造上の注意事項

金属製造は原料の希土類塩類や酸化物を電気分解し、まず希土類金属を製造、次に合金製造では必要な組成の原料を計量・配合し、溶解炉にて合金を製造、得られた合金を切断および粉碎等で粒度調整、最後に計量・梱包という流れになっています。

また、その中では特に微粉末による発火・爆発等の保安事故、切断工程での挟まれによる労働災害の割合が高くなっておりますので、ご注意ください。



2. 希土類の製造プロセスにおける潜在危険性と安全対策

希土類の製造プロセスにおける潜在危険性（ハザード）と安全対策につきましては下表を参照いただき、安全対策のご参考にしてください。

特にケミカル製造における過剰反応での爆発・突沸事故、金属・合金製造における粉じん爆発・火災、水素・水蒸気爆発には十分ご注意ください。

(1) ケミカル製造における潜在危険性と安全対策

工程	潜在危険性（ハザード）		安全対策
	保安事故	労働災害	
原料溶解	1. 薬液、ガスの漏えい	1. 酸の飛散による薬傷 2. 急激な反応による突沸による薬傷 3. 発生ガスの吸引による炎症	安全教育：薬液に関する知識 安全管理（設備）：薬液投入制御 安全管理（マニュアル）：薬液投入条件
沈殿作成	1. 急激な水との反応による圧力上昇、爆発 2. 薬液、ガスの漏えい 3. GLタンクのピンホールによる外部鉄槽の破損	1. 沈殿飛散による眼の負傷 2. 酸・アルカリの飛散による薬傷 3. 発生ガスの吸引による呼吸器の炎症 4. 回転体への巻き込まれ	安全教育：化学反応の知識 安全管理（設備）：飛散防止、ガス排出 安全管理（マニュアル）：沈殿剤添加速度
濾過	1. 遠心分離機バスケット破損	1. 装置（高速回転機器等）への挟まれによる骨折・打撲・裂傷 2. 遠心分離機バスケット破損による飛散物との接触	安全教育：操作手順の徹底 安全管理（設備）：挟まれ、飛散防止 安全管理（マニュアル）：点検方法
焼成	1. 焼成温度の異常上昇による炉内容物の溶融 2. 回収時の粉じん爆発	1. 高温による熱傷 2. 回収時の粉じんへのばく露による健康障害 3. 台車移動時の挟まれ	安全教育：保護具着用の徹底 安全管理（設備）：集塵機の設定 安全管理（マニュアル）：異常時の対応手順

		4. 重量物運搬による腰痛	
粉碎・分級	1. 微粉末飛散による粉じん爆発	1. 粉じんばく露による健康障害 2. 回転体への巻き込まれ	安全教育：粉じんによる健康障害 安全管理（設備）：安全装置の設置
梱包		1. 重量物運搬などによる腰痛 2. フォークリフトとの接触	安全教育：腰痛対策、適切な道具使用
メンテ	1. 液の漏えい	1. 液の移送やメンテ時の酸・アルカリ 飛散による薬傷	安全教育：保護具着用の徹底 安全管理（マニュアル）：操作手順書
清掃		1. 反応槽内での酸素欠乏	安全管理（設備）：ファン、酸素計使用
移動、運搬		1. 転倒、挟まれ	安全教育：保護具着用の徹底 安全管理（設備）：適切な道具使用 安全管理（マニュアル）：工場ルール
工程一般	1. 金属と水との反応による発火・爆発 2. 粉じん爆発 3. 薬液、ガスの漏えい	1. 酸・アルカリの飛散による炎症 2. 固体の飛散による炎症 3. 粉じんばく露による健康障害 4. 発生ガスによる健康障害 5. 酸欠 6. 高温物との接触による火傷 7. 切れこすれ、激突、墜落転落、転倒、 挟まれ巻き込まれ、飛来落下	安全教育：薬液に関する知識、粉じんによる健康障害、保護具着用の徹底 安全管理（設備）：薬液投入制御、飛散防止、ガス排出、安全装置の設置、適切な道具使用 安全管理（マニュアル）：薬液投入条件、点検方法、異常時の対応手順、工場ルール

(2) 金属製造・合金製造における潜在危険性と安全対策

工程	ハザード		安全対策
	保安事故	労働災害	
原料運搬・秤量・供給	1. 粉じん爆発・火災	1. 粉じんばく露による健康障害 2. 重量物運搬などによる腰痛 3. フォークリフト、クレーンおよび重量物との接触 4. 重量物の落下・飛来	安全教育：粉じん爆発、火災の知識 安全管理（設備）：防爆仕様、不活性ガス雰囲気 安全管理（マニュアル）：秤量・供給手順書
電気分解	1. 水分混入等による水蒸気爆発 2. 冷却水未通水による熔解で炉の破裂 3. 坩堝破損による溶湯流出（爆発・火災）	1. 高温による熱傷 2. 扉・駆動部に挟まれ負傷 3. 無理な体勢による腰痛	安全教育：水蒸気爆発の知識 安全管理（設備）：異常検知センサー 安全管理（マニュアル）：水漏れチェック
鑄造・冷却	1. 溶湯の流出による爆発・火災	1. 高温による熱傷 2. 金型転倒等による打撲や骨折	安全教育：溶湯の危険性について 安全管理（設備）：転倒防止装置の設置
切断、粉碎・篩・混合・梱包	1. 微粉末は発火の恐れ	1. 粉じん飛散による眼の負傷 2. 製品にて手や指の裂傷 3. 置換ガスによる酸素欠乏	安全教育：微粉末の危険性について 安全管理（設備）：挟まれ巻き込まれ防止カバーの設置
原料運搬・秤量・供給	1. 発生する微粉末による火災	1. 粉じんばく露による健康障害 2. 重量物運搬などによる腰痛 3. フォークリフト、クレーンおよび重量物との接触 4. 重量物の落下・飛来	安全教育：微粉末の危険性について 安全管理（設備）：堆積防止、静電気発生防止、衝撃エネルギー低減、防爆仕様、不活性ガス雰囲気 安全管理（マニュアル）：粉じん量の日常管理、定期清掃
溶解・冷却	1. 水分混入による水蒸気爆発	1. 高温による熱傷	安全教育：水蒸気爆発の知識、炉や冷却

	2. 冷却水未通水で溶解炉破裂 3. 坩堝破損による溶湯流出（爆発・火災）	2. 腰痛 3. 扉・駆動部への挟まれ・巻き込まれ 4. 高所より墜落	装置などの構造・操作に関する知識 安全管理（設備）：漏水検知装置、結露防止、湯漏れ検知装置 安全管理（マニュアル）：冷却系配管の定期点検、原料の水分確認、坩堝の定期点検
切断・粉碎・篩・混合・梱包	1. 粉じん爆発	1. 切断機等への挟まれ 2. 粉じんばく露による健康障害 3. 置換ガスによる酸欠 4. 製品で手や指の切創	安全教育：粉じんによる健康障害 安全管理（設備）：堆積防止装置、静電気発生防止、衝撃エネルギー低減、安全装置の設置 安全管理（マニュアル）：粉じん量の日常管理、定期清掃
計量・梱包		1. 重量物運搬などによる腰痛 2. フォークリフトとの接触	安全教育：腰痛対策、適切な道具使用
築炉、解体、設置、搬送		1. 振動工具による振動障害 2. フォークリフト、クレーンおよび重量物との接触	安全管理（設備）：低振動工具、耐振手袋
溶解炉メンテ	1. 粉じん爆発	1. 粉じん曝露による健康被害	安全教育：粉じん爆発、粉じんによる健康障害の知識 安全管理（設備）：防爆掃除機の使用 安全管理（マニュアル）：定期メンテ要領および手順書
金型メンテ		1. 金型転倒等による打撲、骨折	安全管理（設備）：転倒防止装置の設置
ロール研磨		1. 回転体への巻き込まれ	安全教育：回転体の危険性
高所作業		1. 転落	安全教育：安全帯着用 of 徹底

			安全管理（設備）：転落防止柵
サ ン プ ル 保 管・分析	1. 粉じん爆発・火災	1. 粉じん曝露による健康被害	安全教育：粉じんの危険性について 安全管理（設備）：真空パック機、不活性ガスパージ装置
清掃	1. 粉じん爆発・火災	1. 粉じん曝露による健康被害	安全教育：粉じん曝露による健康被害 安全管理（マニュアル）：粉じん量の日常管理、定期清掃
集塵機	1. 粉じん爆発・火災	1. 粉じん曝露による健康被害	安全教育：粉じん爆発・火災の知識 安全管理（マニュアル）：清掃箇所、記録様式の使用
その他		1. 転倒、挟まれ 2. 高所からの落下	安全教育：回転体の危険性 安全管理（設備）：手すり、安全柵などの設置
工程一般	1. 粉じん爆発 2. 水蒸気爆発 3. 溶解炉破裂	1. 粉じんばく露による健康障害 2. 酸欠 3. 高温物との接触による火傷 4. 切れこすれ、激突、墜落転落、挟まれ巻き込まれ、飛来落下	安全教育：粉じん爆発、水蒸気の知識、炉や冷却装置などの構造・操作に関する知識 安全管理（設備）：防爆仕様、不活性ガス雰囲気、異常検知センサー、堆積防止、静電気発生防止、衝撃エネルギー低減、漏水検知装置、結露防止、湯漏れ検知装置、防爆掃除機の使用 安全管理（マニュアル）：各種製造手順書、点検・メンテ・清掃手順書

Ⅲ. ユーザー各位および製造者各位

1. 希土類に関する毒性データ

①暴露防止措置

管理濃度：設定されていない

許容濃度：日本産業衛生学会（2014年度版）に第3種粉じんとして、

呼吸性粉じん：2 mg/m³、総粉じん：8 mg/m³

ACGIH 1 mg/m³（TWA：Y金属およびY化合物のYとして）

OSHA 1 mg/m³（TWA：Y金属およびY化合物のYとして）

2. 希土類に関するGHS分類

①酸化物（酸化希土）

	GHS分類	絵表示	注意喚起語
酸化セリウム	特定標的臓器毒性（単回暴露）区分1（肺）		危険
酸化セリウム	特定標的臓器毒性（反復暴露）区分2（肺）		警告

②金属

	GHS分類	絵表示	注意喚起語
イットリウム	特定標的臓器毒性（単回暴露）区分1（肺）		警告
セリウム	可燃性固体 区分1		危険
セリウム	水反応可燃性化学品 区分2		危険
セリウム	特定標的臓器毒性（単回暴露）区分1（血液）		危険
セリウム	水生環境有害性（急性） 区分1		警告
セリウム	水生環境有害性（長期間） 区分1		警告

※引用：独立行政法人製品評価技術基盤機構 化学物質総合情報システム 各国有害性評価

GHSのシンボルと名称について

GHSのシンボルと名称

炎	円上の炎	爆弾の爆発	腐食性	ガスボンベ
				
どくろ	感嘆符	環境	健康有害性	
				

危険有害性を表す絵表示

絵表示				
概要	火薬類 自己反応性化学品 有機過酸化物	可燃性・引火性ガス 可燃性・引火性エアゾール 引火性液体、可燃性固体 自己反応性化学品 自然発火性液体、自然発火性固体、自己発熱性化学品、水反応可燃性化学品、有機過酸化物	支燃性・酸化性ガス 酸化性液体 酸化性固体	高圧ガス

以上は、物理化学的危険性。

絵表示					
概要	急性毒性（区分4）、皮膚腐食性・刺激性（区分2）、眼に対する重篤な損傷・眼刺激	急性毒性（区分1-3）	金属腐食性物質 皮膚腐食性・刺激性（区分1A-C）、眼に対	呼吸器感作性、生殖細胞変異原性、発がん性、生殖毒性、特定標的臓器・全身毒性（単	水性環境有害性

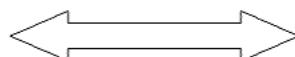
	激性（区分 2A）、皮膚感作性、特定標的臓器・全身毒性（単回ばく露）（区分 3）		する重篤な損傷・眼刺激性（区分 1） ※太字は物理化学的危険性	回ばく露）（区分 1-2）、特定標的臓器・全身毒性（反復ばく露）、吸引性呼吸器有害性	
--	--	--	------------------------------------	--	--

以上は、健康および環境有害性。

急性毒性（経口）の区分と該当するラベル情報

	区分 1	区分 2	区分 3	区分 4	区分 5
LD ₅₀ (mg/kg) (判定基準)	5 以下	50 以下	300 以下	2,000 以下	5,000 以下
絵表示					なし
注意喚起語	危険	危険	危険	警告	警告
危険有害性情報	飲み込むと生命に危険	飲み込むと生命に危険	飲み込むと有毒	飲み込むと有害	飲み込むと有害のおそれ

有害性 大



有害性 小

なお、危険有害性、区分、シンボル、注意喚起語、危険有害性情報等のラベル要素は、GHS 勧告の付属書 2「分類及び表示に関する一覧表」（リンク先：厚生労働省）及び JIS Z7251「GHS に基づく化学物質等の表示」（H18.3.25 制定）に解説されています。

引用：厚生労働省 職場のあんぜんサイト

希土類部会委員名簿

部会長	古跡 隆一郎	(中央電気工業㈱ 取締役 常務執行役員)
委員	横井 英雄	(阿南化成㈱ 副社長)
〃	中塚 雅教	(㈱三徳 取締役 経営企画・知財・品証環境 管掌)
〃	平 幸夫	(㈱三徳 営業部 部長代理)
〃	遠藤 哲雄	(昭和電工㈱ 秩父事業所長)
〃	清水 和宏	(信越化学工業㈱電子材料事業本部 マグネット部レアースグループ 担当部長)
〃	寺田 忠史	(第一稀元素化学工業㈱ 取締役品質保証部長総務部担当)
〃	太田 誠	(太陽鋁工㈱ 東京支店次長 総務課長)
〃	築城 修治	(三井金属鋁業㈱ 執行役員 機能粉事業長)
〃	加藤 隆志	(三井金属鋁業㈱ 機能粉事業部 営業部 部長)
〃	米澤 高幸	(三井金属鋁業㈱ 機能粉事業部 営業部 部長補佐)
〃	杉本 篤	(豊通レアアース㈱ 代表取締役)
〃	楊 竜明	(豊通レアアース㈱ 営業二部 部長)
事務局	織山 純	((一社)新金属協会 専務理事)
〃	今井 康弘	((一社)新金属協会 業務部長)

新金属産業災害防止対策安全委員会希土類作業WG名簿

幹事	森 本 浩 史	(株)三徳 取締役付安全推進担当課長)
委員	横 井 英 雄	(阿南化成(株) 副社長)
〃	待 田 純 一	(株)三徳 取締役総務人事担当)
〃	喜 多 村 忍	(昭和電工(株) 秩父事業所長付)
〃	清 水 和 宏	(信越化学工業(株)電子材料事業本部 マグネット部レアースグループ 担当部長)
〃	寺 田 忠 史	(第一稀元素化学工業(株) 取締役品質保証部長総務部担当)
〃	太 田 誠	(太陽鋁工(株) 東京支店次長 総務課長)
〃	江戸 健太郎	(中央電気工業(株)総務部 総務課 参事)
〃	本 村 智 隆	(三井金属鋁業(株) 機能材本部 技術部部長)
協議協力者	田 村 昌 三	(東京大学名誉教授)
新金属産業災害防止対策安全委員会委員長		
〃	佐 藤 洋 司	(三菱マテリアル(株) 電子材料事業カンパニー 企画管理部副部長)
〃	春 山 豊	((一社)日本化学工業協会 常務理事)
〃	八 木 伊知郎	((一社)日本化学工業協会 環境安全部部長)
事務局	織 山 純	((一社)新金属協会 専務理事)
〃	今 井 康 弘	((一社)新金属協会 業務部長)

希土類製品の製造および使用上の
注意事項／ガイドライン
正 誤 表

ページ	誤	正
P. 15	酸化セリウム（単回暴露）区分 <u>1</u> （肺）	区分 <u>2</u>
	酸化セリウム（反復暴露）区分 <u>2</u> （肺）	区分 <u>1</u>
	イットリウム（単回暴露）区分 <u>1</u> （肺）	区分 <u>2</u>