

新金属産業における災害防止対策に関する
行 動 計 画（令和２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（令和2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および各年度の概要・・・・・・・・・・3
- 3. 活動内容・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・7

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・・・・・・・・・・10
- 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・・・・・・・・・・14
 - (2) 潜在危険性（ハザード）と安全対策・・・・・・・・22
 - (3) PDCAサイクルによる改善実績・・・・・・・・・・25
- 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）・・26
- 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) 保安事故・労働災害の発生状況・・・・・・・・・・29
 - (2) 潜在危険性（ハザード）と安全対策・・・・・・・・38
 - (3) PDCAサイクルによる改善実績・・・・・・・・・・45
 - (4) 希土類製品の使用上の注意事項・・・・・・・・・・45
- 5. 希土類製造事業者としての取組み（フォローアップ）・・46
- 6. タンタル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・労働災害の実態調査・・・・・・・・・・49
 - (2) 安全確保に当たって・・・・・・・・・・・・・・・・58
 - (3) 潜在危険性（ハザード）と安全対策・・・・・・・・63
 - (4) 安全対策の推進・・・・・・・・・・・・・・・・69
 - (5) PDCAサイクルによる改善実績・・・・・・・・・・69
 - (6) タンタル製品の使用上の注意事項・・・・・・・・69
- 7. タンタル製造事業者としての取組み（フォローアップ）・・71
- 8. ターゲット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・・・・・・・・・・73
 - (2) 潜在危険性（ハザード）と安全対策・・・・・・・・78
 - (3) 安全対策の推進・・・・・・・・・・・・・・・・83
 - (4) PDCAサイクルによる改善実績・・・・・・・・・・83
 - (5) ターゲット製品の使用上の注意事項・・・・・・・・83
- 9. ターゲット製造事業者としての取組み（フォローアップ）・・85

10. 化合物半導体製造業における保安事故・労働災害の実態と安全対策	
(1) はじめに	88
(2) 保安事故・労働災害の発生状況	88
(3) 潜在危険性（ハザード）と安全対策	91
(4) 安全対策の推進	95
(5) 化合物半導体製品の使用上の注意事項	95
11. 化合物半導体製造業者としての取組み（フォローアップ）	96
12. ベリリウム製造業における保安事故・労働災害の実態と安全対策	
(1) はじめに	99
(2) 保安事故・労働災害の発生状況	99
(3) 潜在危険性（ハザード）と安全対策	106
(4) 安全対策の推進	114
(5) P D C Aサイクルによる改善実績	114
(6) ベリリウム製品の使用上の注意事項	114
13. ベリリウム製造業者としての取組み（フォローアップ）	116
14. 核燃料加工業及びジルコニウム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	118
(2) 潜在危険性（ハザード）と安全対策	124
(3) 安全対策の推進	128
(4) P D C Aサイクルによる改善実績	128
(5) 安全文化醸成の取組み	129
15. 核燃料加工業及びジルコニウム製造業としての取組み（フォローアップ）	130
16. 新金属協会加盟部会各社の保安事故・労働災害の発生状況の解析	131
17. 部会各社の化学物質による健康障害の防止対策	137
18. 部会各社の危険体感教育・設備	138
 Ⅲ. 新金属協会の今年度の安全活動と今後の取組み	
1. 安全委員会の活動	140
2. その他	143

【付属資料】

- 別表 1. 多結晶シリコン保安事故（2005－2019）
- 別表 2. 多結晶シリコン労働災害（2005－2019）
- 別表 3. 希土類保安事故（2005－2019）
- 別表 4. 希土類労働災害（2005－2019）
- 別表 5. タンタル保安事故（2005－2019）
- 別表 6. タンタル労働災害（2005－2019）
- 別表 7. ターゲット保安事故（2005－2019）
- 別表 8－1. ターゲット想定労働災害
- 別表 8－2. ターゲット労働災害（2005－2019）
- 別表 9. 化合物半導体保安事故（2005－2019）
- 別表 10. 化合物半導体労働災害（2005－2019）
- 別表 11. ベリリウム保安事故（2005－2019）
- 別表 12－1. ベリリウム想定労働災害
- 別表 12－2. ベリリウム労働災害（2005－2019）
- 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（令和２年度）

２０２１年３月１日

一般社団法人 新金属協会

I. はじめに

1. 背景・経緯

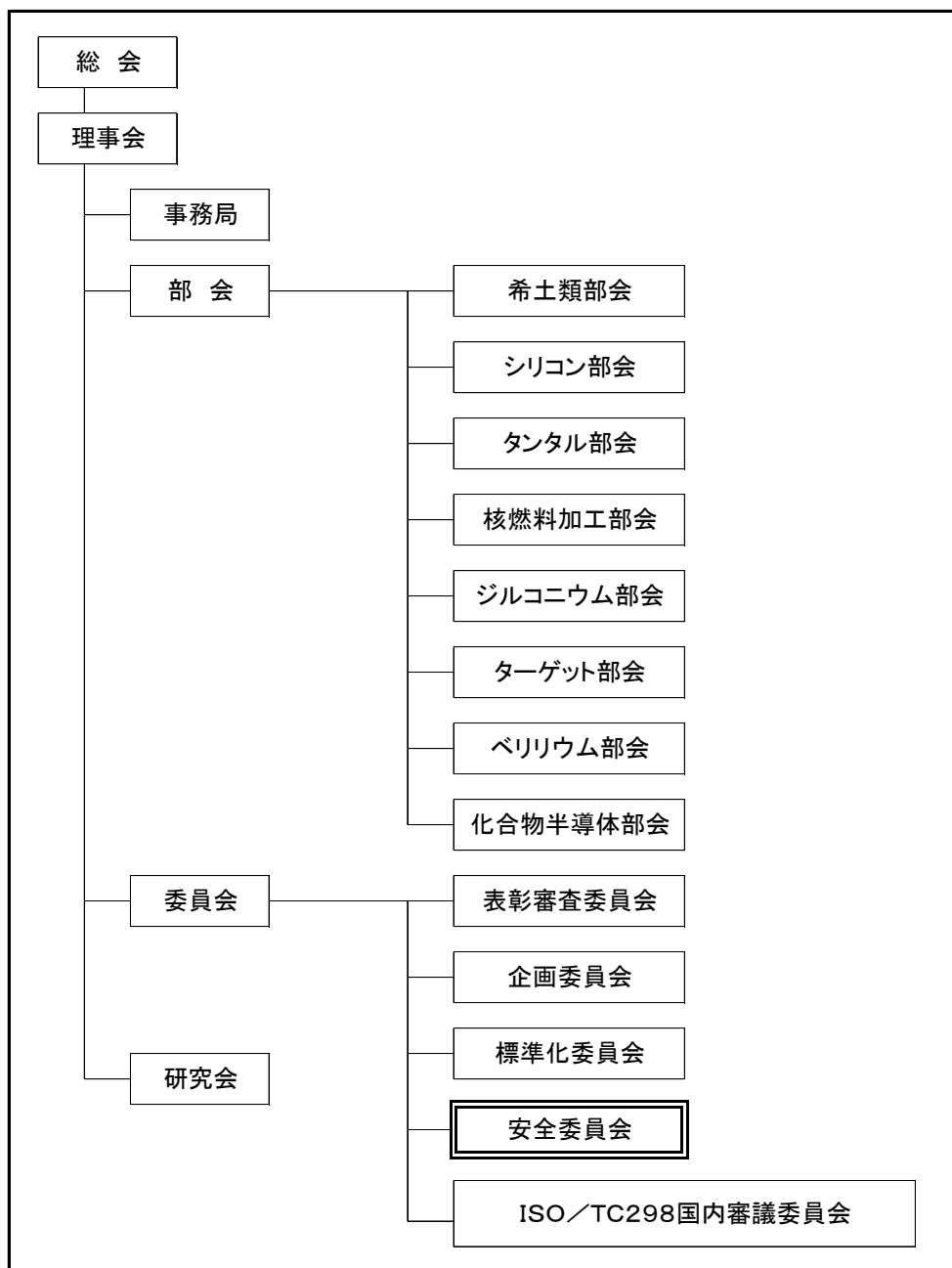
近年、石油コンビナート等において重大事故が続いている状況を踏まえ、2014年2月20日に、総務省消防庁、厚生労働省および経済産業省（以下、「三省庁」という。）が参加して「石油コンビナート等における災害防止対策検討関係省庁連絡会議」が設置された。同年5月16日、三省庁は、重大事故の原因・背景に係る共通点、並びに重大事故の発生防止に向けて事業者や業界団体が取り組む対策等について取りまとめた報告書を公表すると共に、当協会を含む関係業界団体に対して、同日付「石油コンビナート等における災害防止対策の推進について（要請）」により、災害防止に向け取り組む内容をまとめた行動計画の策定等を要請した。さらに、三省庁は、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 I -1-1〕に示すとおりである。



〔図 I -1-1 新金属協会組織図〕

2. 行動計画の位置付けおよび各年度の概要

(1) 行動計画（平成 26 年度）の概要

2014 年度（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。

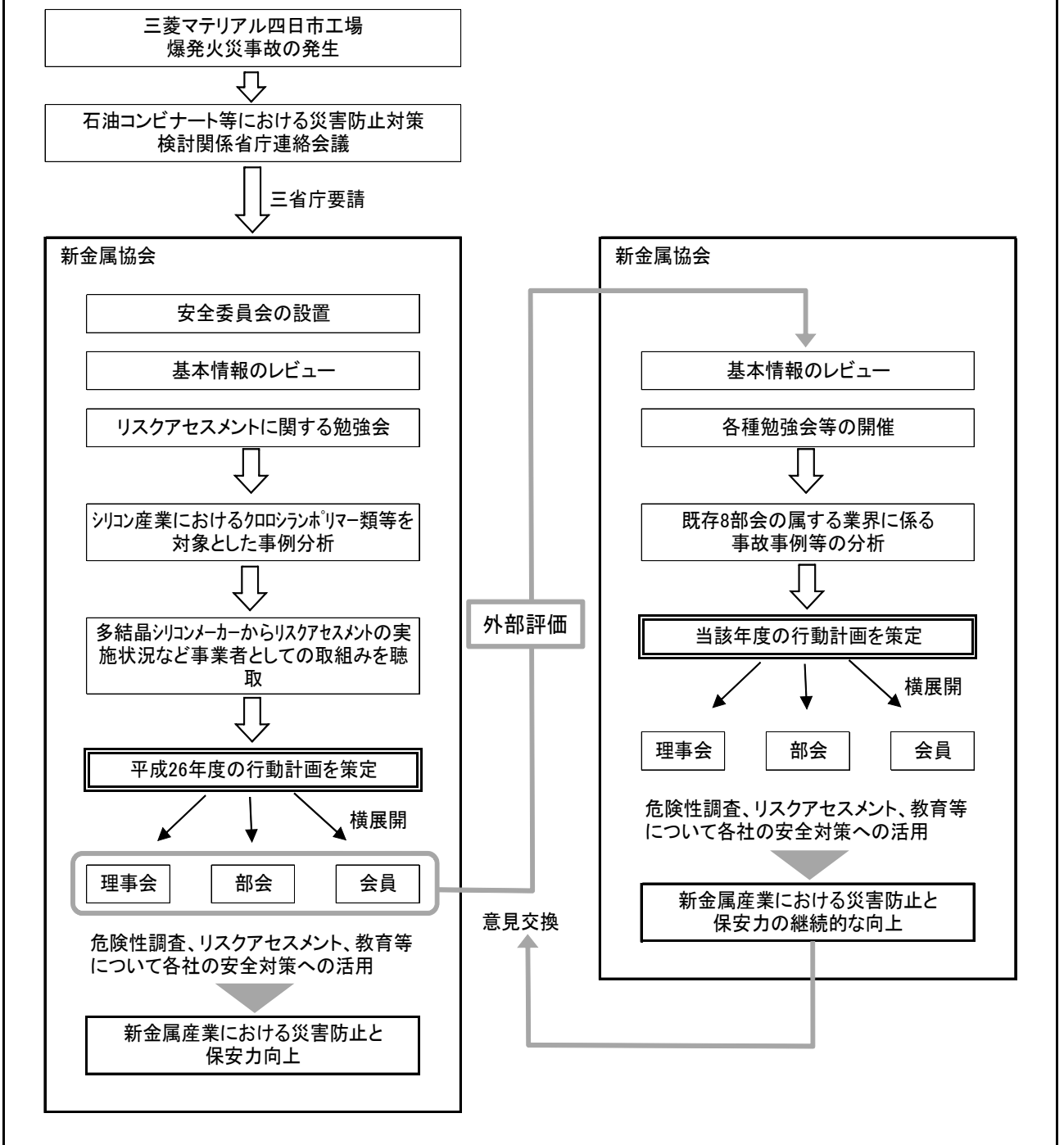
行動計画（平成 26 年度）における事故・ヒヤリハット事例の分析については、三省庁要請に係る留意事項を踏まえ、シリコン産業におけるクロロシランポリマー類等およびその類似物質を対象として行った。また、今後の本委員会の活動方針を以下のとおり定めた。

- 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 I-2-1]に示すとおりである。

■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



〔図 I -2-1 行動計画の検討フロー〕

（２）行動計画の概要

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。同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・結果整理、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に鑑み、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、同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、「行動計画（平成 27 年度）」として公表した。

2016 年度（平成 28 年度）において、本委員会は、計 2 回の委員会と数回の作業グループ会議を開催した。本委員会の活動内容として、2015 年度（平成 27 年度）に続き、多結晶シリコン製造業と希土類製造業における取組みのフォローアップを行うと共に、タンタル製造業・ターゲット製造業の事故事例等を取り上げ、これらの分析・結果整理、ならびに製品の取扱いに係るガイドラインの改訂作業について検討を行った。

行動計画策定要請の趣旨に鑑み、既存 8 部会への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、今年度の活動実績及び成果の周知、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、「行動計画（平成 28 年度）」として公表した。

2017 年度（平成 29 年度）において、本委員会は、計 2 回の委員会と数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、引き続き、多結晶シリコン製造業・希土類製造業・タンタル製造業・ターゲット製造業における取組みのフォローアップを行うと共に、化合物半導体製造業とベリリウム製造業の事故事例等を取り上げ、これらの分析・結果整理を行った。

行動計画策定要請の趣旨に鑑み、既存 8 部会への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、今年度の活動実績及び成果の周知、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、「行動計画（2017 年度）」として公表した。

2018 年度（平成 30 年度）においても、本委員会は、計 2 回の委員会と数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、引き続き、多結晶シリコン製造業・希土類製造業・タンタル製造業・ターゲット製造業、化合物半導体製造業とベリリウム製造における取組みのフォローアップを行うと共に、核

燃料加工業及びジルコニウム製造業の安全対策事例や安全文化醸成の取り組み等を取り上げ、これらの分析・結果整理を行った。

行動計画策定要請の趣旨に鑑み、既存 8 部会への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、今年度の活動実績及び成果の周知、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、「行動計画（2018年度）」として公表した。

2019 年度（平成 31 年度）においても、本委員会は、計 3 回の委員会と数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、引き続き、多結晶シリコン製造業・希土類製造業・タンタル製造業・ターゲット製造業・化合物半導体製造業・ベリリウム製造業・核燃料加工業とジルコニウム製造業における取り組みのフォローアップを行うと共に、部会各社の事故事例等を取り上げ、これらの分析・結果整理を行った。

行動計画策定要請の趣旨に鑑み、既存 8 部会への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、今年度の活動実績及び成果の周知、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、「行動計画（平成 31 年度）」として公表した。

3. 活動内容

(1) 行動計画（令和2年度）

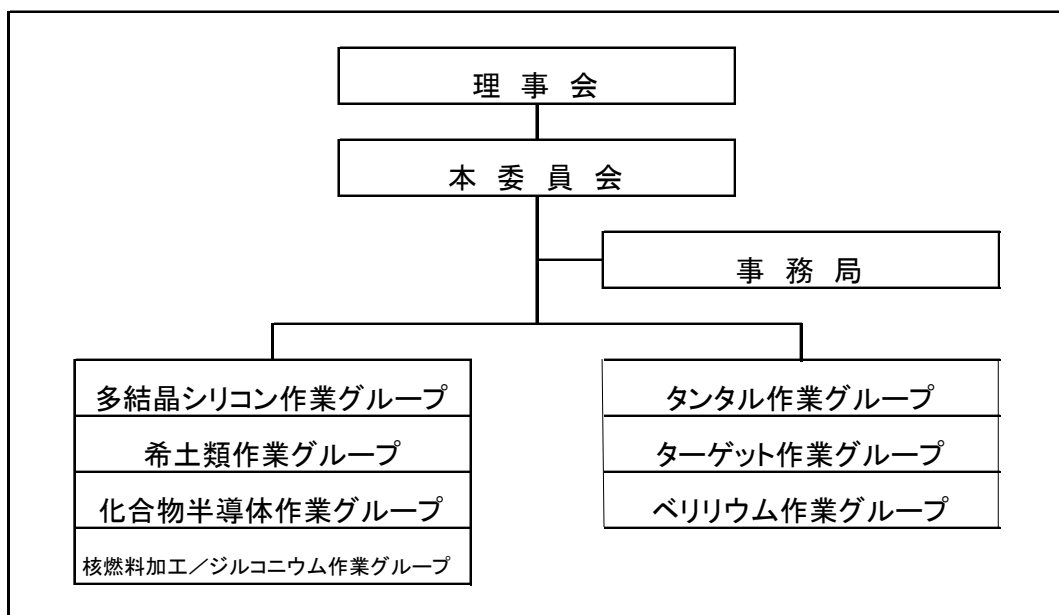
2020年度（令和2年度）において、新型コロナウイルス対応としてリモートでの会合を開催予定し、本委員会は、計2回の委員会と数回の作業グループ会議を開催する。

本年度の本委員会の活動内容として、引き続き、多結晶シリコン製造業・希土類製造業・タンタル製造業・ターゲット製造業・化合物半導体製造業・ベリリウム製造業・核燃料加工業とジルコニウム製造業における取組みのフォローアップを行うと共に、部会各社の事故事例等を取り上げ、これらの分析・結果整理を行う。

行動計画策定要請の趣旨に鑑み、既存8部会への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、今年度の活動実績及び成果の周知、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、「行動計画（令和2年度）」として公表するものである。

(2) 活動体制

本年度における本委員会の活動体制は、[図 I-2-2]に示すとおりである。



[図 I-2-2 本委員会の活動体制]

(3) 2020年度委員の構成

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	長島 悦朗	株式会社トクヤマ CSR推進室 RC推進グループ (東京) 担当主幹
	中川 弘之	株式会社トクヤマ CSR推進室 RC推進グループ (徳山) 主席
	猿渡 暢也	三菱マテリアル株式会社 高機能製品カンパニー プレジデント補佐
	安川 隆昌	三菱マテリアル株式会社 高機能製品カンパニー 企画管理部 安全・環境管理室 室長補佐
	片岡 英二	グローバルアドバンスドメタルジャパン株式会社 環境保安課長
	桃井 元	J X金属株式会社 薄膜材料事業部 技術部 主席技師
	本村 智隆	三井金属鉱業株式会社 機能材料事業本部 事業創造本部 量産プロセス開発部長
	寺田 忠史	第一稀元素化学工業株式会社 上席執行役員 管理本部長
	熊野 裕二	第一稀元素化学工業株式会社 管理本部 レスポンシブル・ケア推進室参与
	夏目 欣秀	日本ガイシ株式会社 金属事業部 生産技術部 部長
	小原 正義	信越半導体株式会社 化合物半導体部 担当部長
	池田 浩也	DOWAエレクトロニクス株式会社 半導体事業部 副部長
	加々美 けい子	株式会社グローバル・ニュークリア・フュエル・ジ ャパン 環境安全部 安全管理課 担当課長
	米森 基志	原子燃料工業株式会社 熊取事業所 業務管理部長 兼 安全衛生グループ長
	紺野 正幸	三菱原子燃料株式会社 安全・品質保証部 安全管理課 課長

オブザーバー 永松 茂樹 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

事務局 織山 純 一般社団法人新金属協会
 専務理事
 根本 京 一般社団法人新金属協会
 業務課

(4) 2020年度活動の経過

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
2021年1月13日	第1回委員会（午前）、勉強会（午後）
1月25日～2月15日	第2回委員会（持ち回り会議）
3月2日	理事会報告
3月23日	安全委員会報告・意見交換会

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、前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を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。また、毎年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。

2016 年度は、タンタル製造業およびターゲット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。

2017 年度は、化合物半導体製造業およびベリリウム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。

2018 年度は、核燃料加工業とジルコニウム製造業における事故や安全文化醸成の取組みの事例を収集し、それぞれにおいて統計および分析・整理を行った。

2019 年度は、部会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・整理を行うとともに、新金属協会全体のまとめて分析・統計を試みた。

2020 年度は、部会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・整理を行うとともに、新金属協会全体をまとめて分析・統計を試みた。

(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、毒物及び劇物取締法および原子炉等規制法の規定に基づき、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
原子力規制委員会が制定した規程（平成 25 年 12 月 18 日）	

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

2020 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) トクヤマ、三菱マテリアル (株)、(株) 大阪チタニウムテクノロジーズ

計 3 社

＜希土類製造＞

ソルベイ・スペシャルケム・ジャパン (株)、信越化学工業 (株)、第一稀元素化学工業 (株)、太陽鋳工 (株)、三井金属鉱業 (株)

計 5 社

＜タンタル製造＞

グローバルアドバンスドメタルジャパン (株)、三井金属鉱業 (株)

計 2 社

＜ターゲット製造＞

グローバルアドバンスドメタルジャパン (株)、J X 金属 (株)、三井金属鉱業 (株)、三菱マテリアル (株)

計 4 社

＜化合物半導体製造＞

信越半導体 (株)、J X 金属 (株)、DOWA エレクトロニクス (株)

計 3 社

＜ベリリウム製造＞

日本ガイシ (株)

計 1 社

＜核燃料加工，ジルコニウム製造＞

(株) グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン

原子燃料工業 (株)

三菱原子燃料(株)

計 3 社

② 対象とする事例

暦年で 2005 年から 2019 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（従業員，パート）/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、休業日数等、年齢・経験年数、自社（従業員，パート）/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

「火災」「爆発」「破裂、破損」「漏えい、噴出」「その他」

- ・労働災害

「切れ、こすれ」「激突」「激突され」「高温、低温物との接触」「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」「崩壊、倒壊」「踏抜き」「おぼれ」「感電」「その他」「交通事故」

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

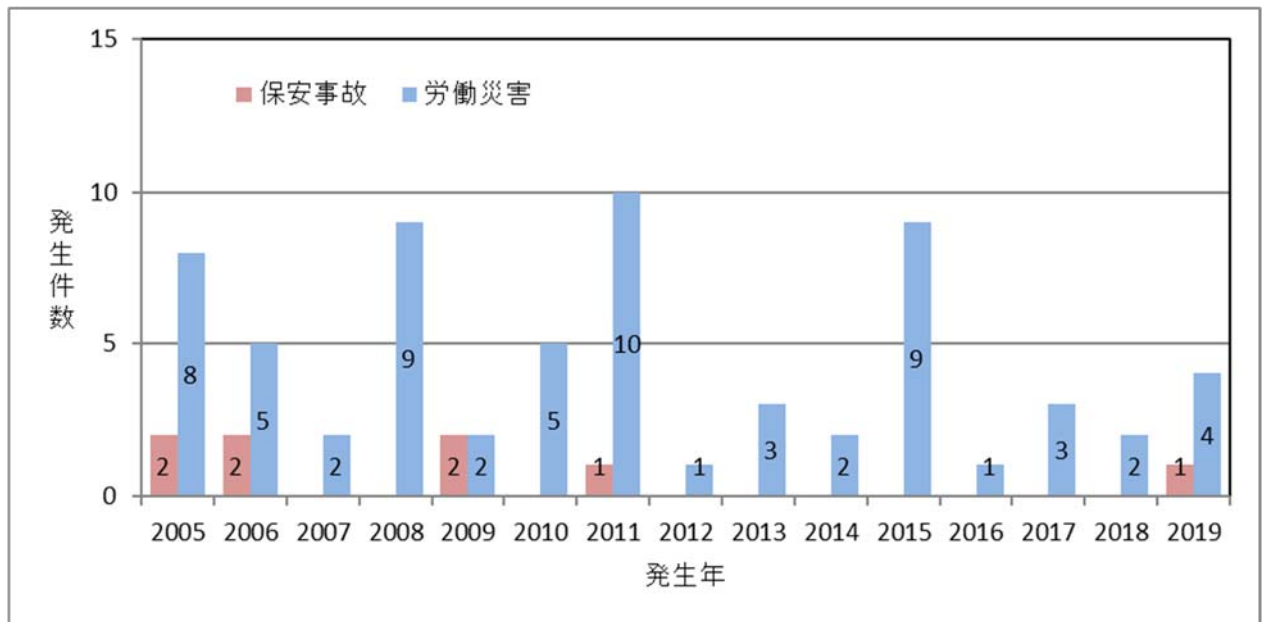
2005 年から 2019 年までの事故等の発生件数等の推移を示すと共に、多結晶シリコン製造工程における潜在リスクを明らかにするため、発災工程、作業、原因物質、要因、並びに必要とされる対策別に、発生件数および事象分類の関係を整理した。

2018 年まで集計数は、株式会社トクヤマ、株式会社大阪チタニウムテクノロジーズ、三菱マテリアル株式会社の 3 社分であったが、株式会社大阪チタニウムテクノロジーズのポリシリコン事業撤退に伴い、岸和田製造所のポリシリコンプラントの撤去工事完了した。よって集計数は、株式会社トクヤマ、三菱マテリアル株式会社の 2 社分となる。

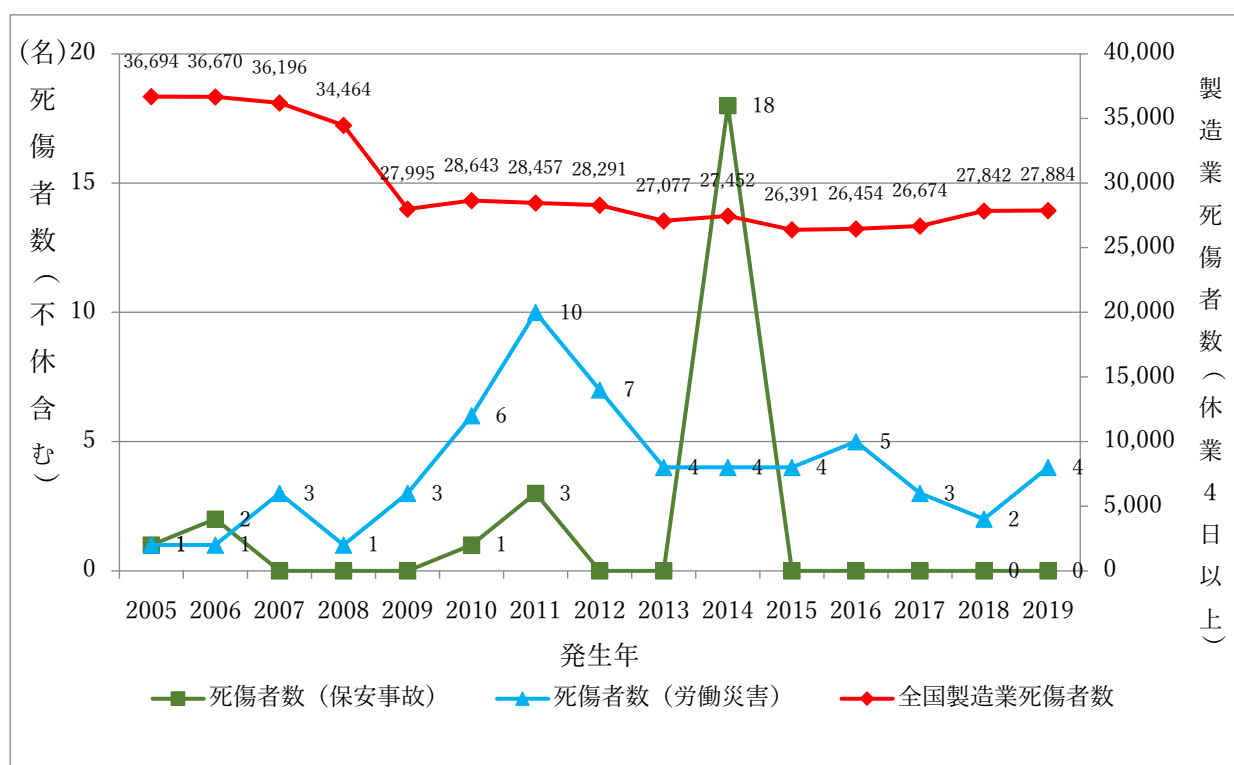
①保安事故・労働災害の状況（2005 年～2019 年）

ア) 年別「保安事故」「労働災害」発生件数および死傷者数（[図Ⅱ-2-1][図Ⅱ-2-2]参照）

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 19 件と労働災害 53 件を合わせた計 72 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[図Ⅱ-2-1]および [図Ⅱ-2-1]に示すとおりである。



[図Ⅱ-2-1 年別「保安事故」および「労働災害」の発生件数（2005 年～2019 年）]



〔図Ⅱ-2-2 発生年別死傷者数（2005年～2019年）〕

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7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。

イ) 事故型別「保安事故」および「労働災害」発生割合（〔図Ⅱ-2-3〕〔図Ⅱ-2-4〕〔図Ⅱ-2-5〕〔表Ⅱ-2-1〕参照）

【保安事故】

保安事故の事象としては「発火・火災（10件）」が多かった。このうち、原料工程で3件、回収工程で6件発生している。

原料工程の4件の内3件（別表1 No. 6、7、14）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8件（別表1 No. 1、5、11、13、15、16、17、18）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）破裂・破損（3件）」の内3件（別表1 No.12、13、15）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。

種々の対策を各社とも注意を払って行っているが、「クロロシランポリマー類およびその加水分解生成物」は、リスクとして残存している。

爆発エネルギーの大きい水素や、化学的に影響のある塩化水素・トリクロロシランといった物質もリスクとして残存している。

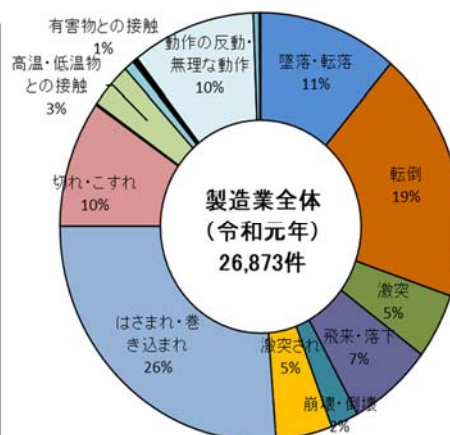
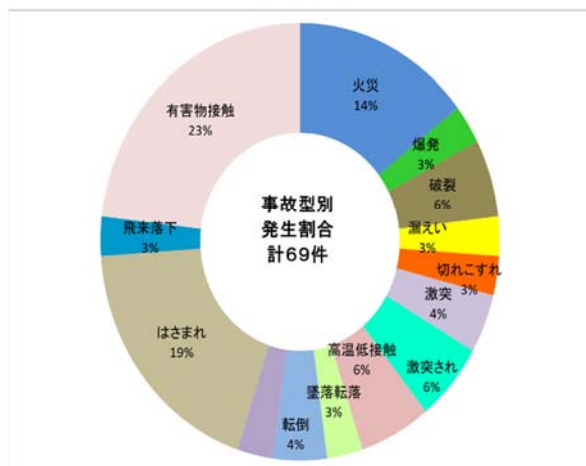
全体的には、これまでの傾向と大きな変化は認められなかった。

【労働災害】

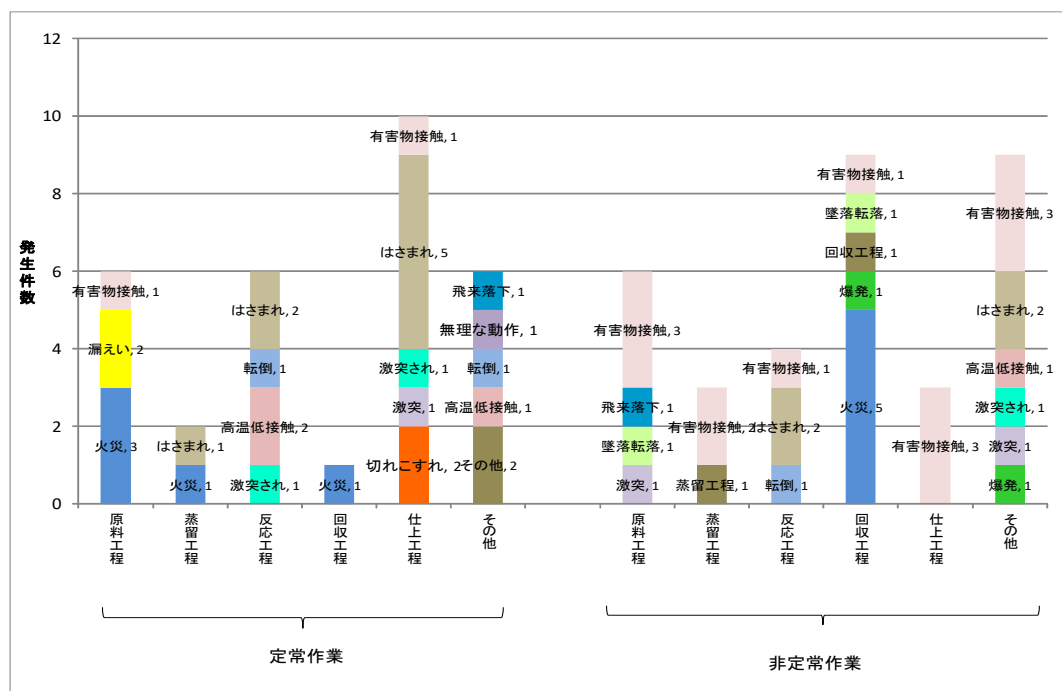
労働災害の事象としては「有害物との接触（16件）」が最も多く、次いで「挟まれ巻き込まれ（11件）」、「高温の物との接触（4件）」の順となっている。工程としては、仕上工程が15件であり、次いで、反応工程、原料工程それぞれ12件、7件と続き、その他が12件であった。

「有害物質との接触」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典型的な特徴が見られる。即ち、15件のうち8件（別表2 No.9、12、15、17、23、24、30、47、51）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7件（別表2 No.8、13、22、26、27、31、38）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（12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っての作業中に発生したものである。仕上工程の5件（別表2 No.4、6、21、29、43）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、5件のうち4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Ⅱ-2-3 多結晶シリコン製造業の事故型別] [図Ⅱ-2-4 国内全製造業の事故型別]

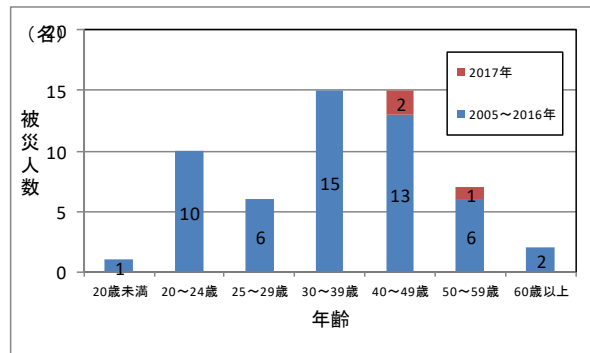


[図Ⅱ-2-5 多結晶シリコン製造工程別事故型発生件数（2005年～2019年）]

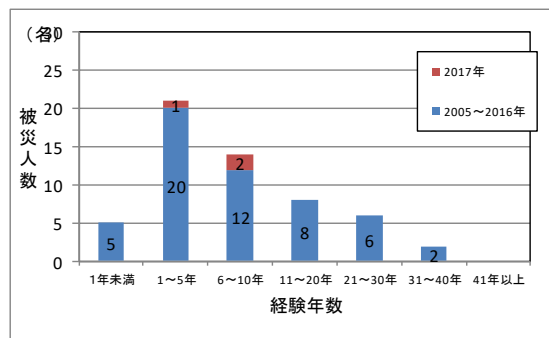
[表Ⅱ-2-1 多結晶シリコン製造工程別事故型発生件数（2005年～2019年）]

分類 工程名	保安事故					労働災害													小計	中計		
	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	物との接触	高温低温の	墜落転落	転倒	無理な動作	動作の反動	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	原料工程	3			2												1				6	33
	蒸留工程	1												1							2	
	反応工程							1	2			1	1	2							7	
	回収工程	1																			1	
	仕上工程						2	1	2						5		1				11	
	その他			2						1		1	1			1						
非定常作業	原料工程						1				1					1	3				6	36
	蒸留工程			1													2				3	
	反応工程											1		2			2				5	
	回収工程	5	1	1							1						1				9	
	仕上工程													1			3				4	
	その他		1					1	1	1					2		3					
小計		10	2	4	2	0	2	3	4	4	2	3	2	13	2	2	16	0	0	0	合計	
中計		18					51														69	

ウ) 年齢および経験年数別 労働災害死傷者数 ([図Ⅱ-2-6] [図Ⅱ-2-7] 参照)
 経験年数別死傷者数については、経験年数の浅い5年未満が約5割を占めており、2019年発生 of 労働災害も同様に経験年数の浅い作業員(5年未満)であった。



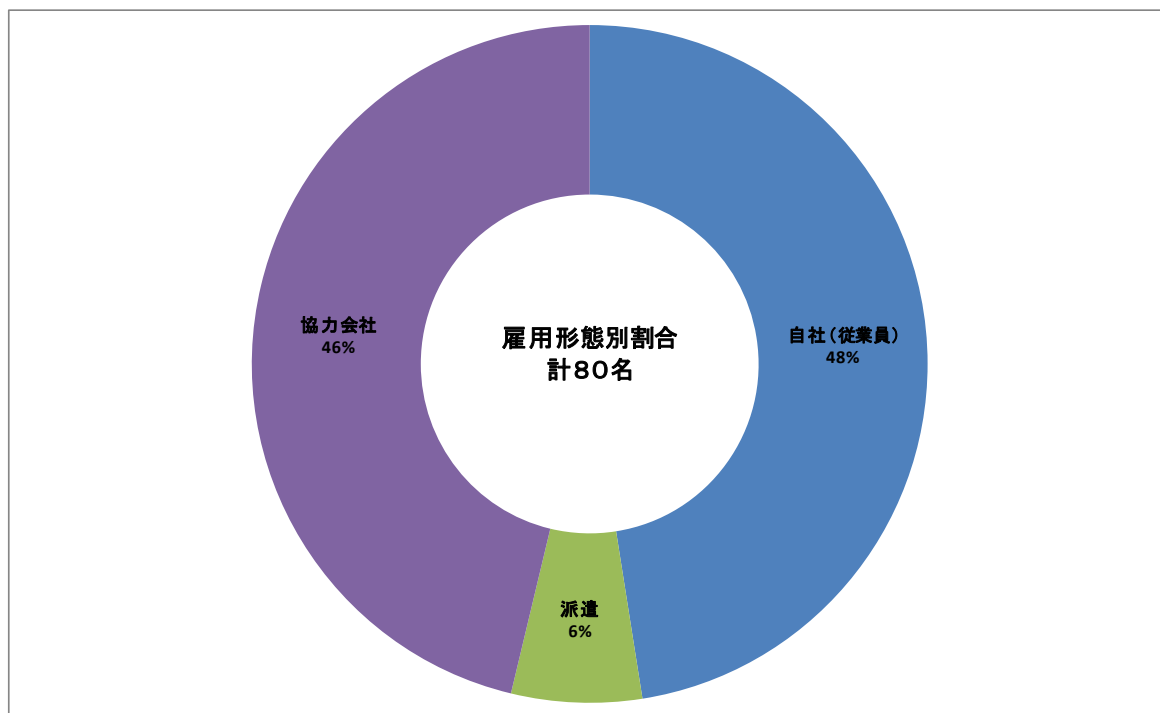
[図Ⅱ-2-6 年齢別労働災害死傷者数 (2005年～2019年)]



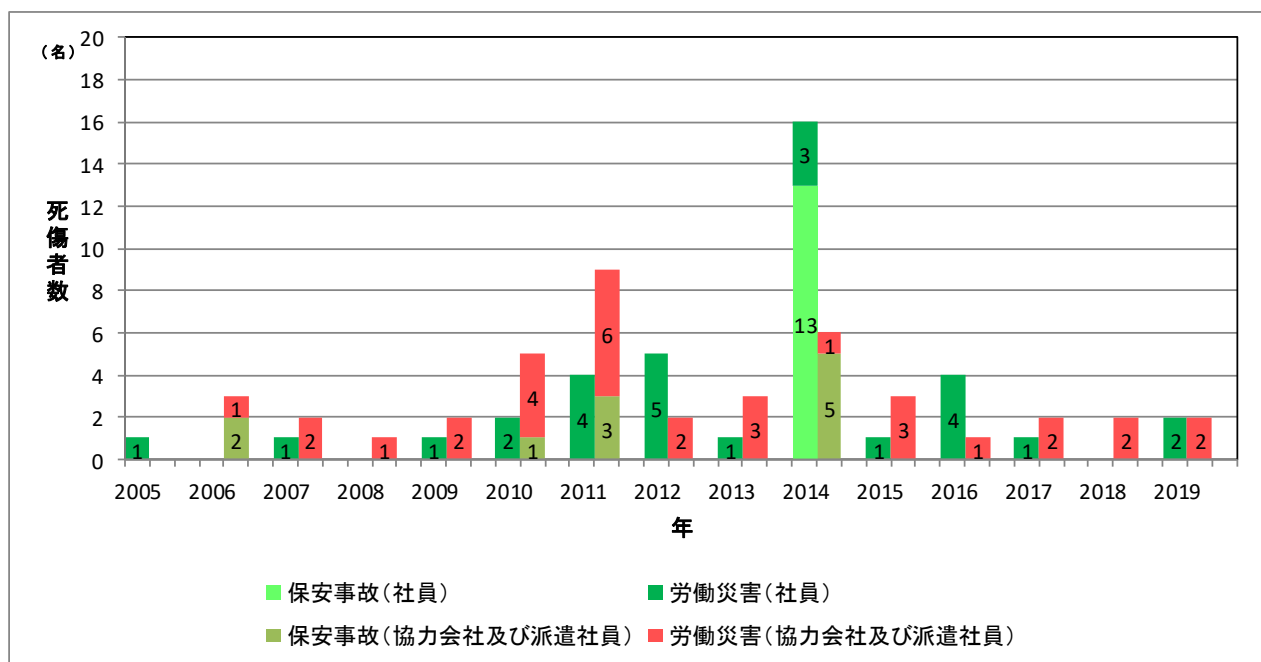
[図Ⅱ-2-7 経験年数別労働災害死傷者数 (2005年～2019年)]

エ) 雇用形態別「労働災害」発生割合（〔図Ⅱ-2-8〕〔図Ⅱ-2-9〕参照）

雇用形態別発生割合について、過去 12 年間の従業員の事故比率の約 5 割を占めており、2019 年に労働災害 4 件が発生したものの、割合に大きな変化はなかった。



〔図Ⅱ-2-8 雇用形態別死傷者数割合（2005 年～2019 年）〕



〔図Ⅱ-2-9 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～2019 年）〕

オ)「保安事故」および「労働災害」の工程別間接要因の発生割合（〔表Ⅱ-2-2〕〔表Ⅱ-2-3〕〔図Ⅱ-2-10〕参照）

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】

保安事故事例 18 件について、35 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. 3、6、7、8、10、16）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）（13 件）」の内訳は、運転条件の見直しを要したものの 7 件（別表 1 No. 1、2、6、7、9、14、15）と、作業手順の変更を要したものの 6 件（別表 1 No. 3、11、12、13、17、18）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 6 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Ⅱ-2-2 保安事故の工程別間接要因（2005年－2019年）]

（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	3	0	2	10
安全管理（マニュアル）	3	2	0	6	0	2	13
安全教育	1	1	0	4	0	4	10
危険性知識	0	0	0	6	0	1	67
計）	8	5	0	19	0	9	40

【労働災害】

労働災害事例 53 件について、66 点の間接要因が挙げられた。

「安全管理（設備）（10 件）」の内訳は、機器・設備の安全配慮が不十分 6 件（別表 2 No. 4、14、15、16、28、32、37、46）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）（18 件）」の内訳は、作業手順書等の不備 14 件（別表 2 No. 6、7、10、13、21、32、34、38、39、40、43、44、45、47）、作業手順上の注意不足 2 件（別表 2 No. 2、3）、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。

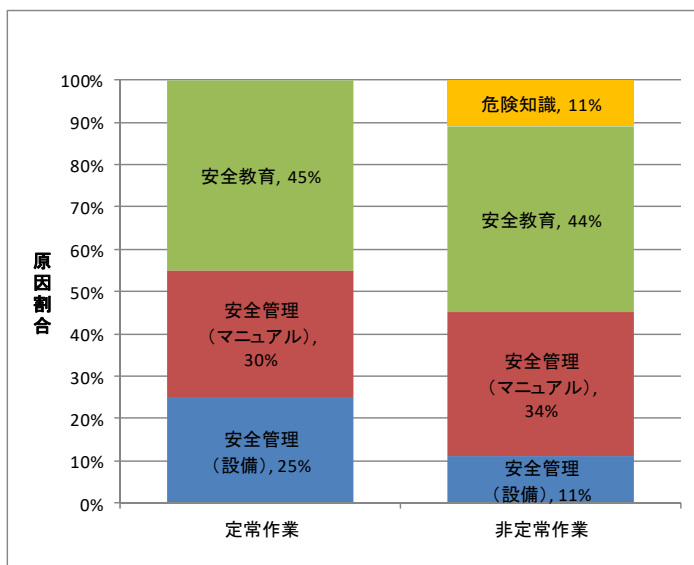
「安全教育（34 件）」の内訳は、KY や危険性認識の不足 27 件（別表 2 No. 1、3、4、5、6、7、9、11、12、14、15、16、17、18、20、21、22、23、25、27、29、32、33、35、36、41、42）と、作業手順・運転方法の周知が不十分または理解不足 7 件（別表 2 No. 8、13、19、24、26、30、31）があったもので、対策として教育を実施したものとなっている。

なお、「危険性知識」は、労働災害の要因として挙げられなかった。

[表Ⅱ-2-3 労働災害の工程別間接要因（2005年－2019年）]

（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	3	1	2	3	10
安全管理（マニュアル）	1	3	6	0	8	4	22
安全教育	7	2	7	2	9	7	34
危険性知識	0	0	0	0	0	0	0
計）	9	5	16	3	19	14	66



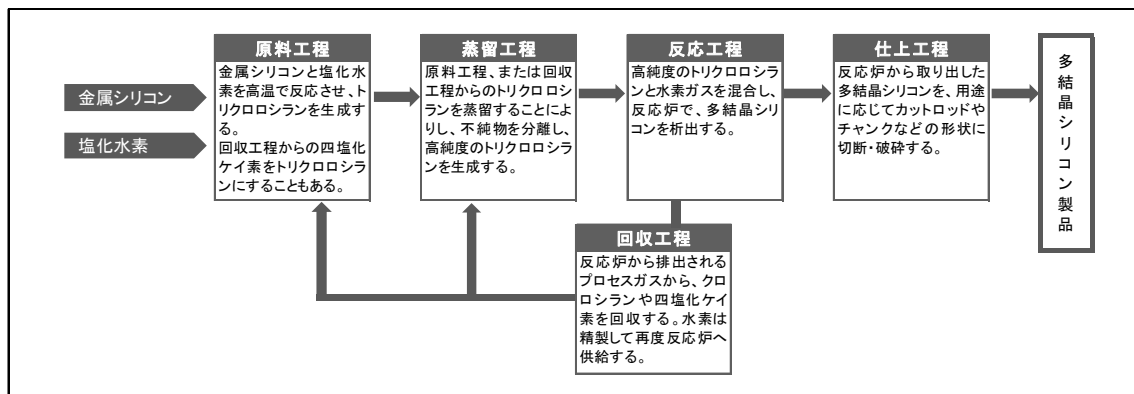
〔図Ⅱ-2-10 原因別「保安事故」および「労働災害」発生割合（2005年～2019年）〕

（２）潜在危険性（ハザード）と安全対策

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（ハザード）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。

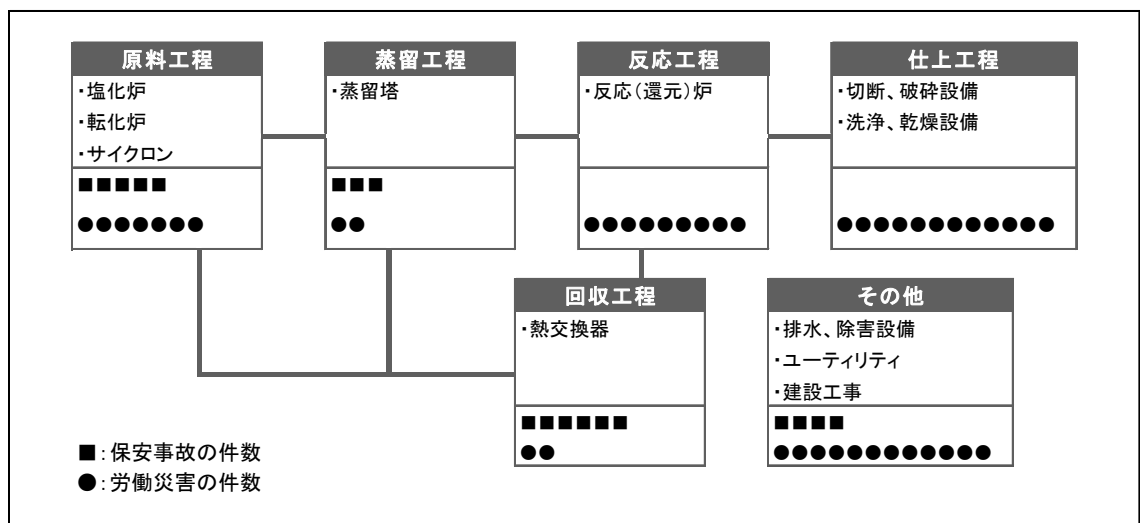
なお、多結晶シリコン製造工程の基本フローは〔図Ⅱ-2-11〕のとおりである。



〔図Ⅱ-2-11 多結晶シリコン製造工程の基本フロー〕

② ハザードマップ

「表Ⅱ-2-1」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Ⅱ-2-12〕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Ⅱ-2-12 ハザードマップ (2005 年ー2019 年)]

③ 工程別潜在危険性 (ハザード) およびその安全対策のまとめ

工程別の潜在危険性 (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 (ハザード) 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Ⅱ-2-4]のとおり取りまとめた。

[表Ⅱ-2-4 多結晶シリコン製造における潜在危険性（ハザード）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	
原料工程	1) トリクロロシラン（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）ＰＤＣＡサイクルによる改善実績

厚生労働省の労働安全衛生マネジメントシステムに準拠した、労働衛生管理手法を適用し、内部監査を含めたＰＤＣＡサイクルにより連続的、かつ、継続的に活動している。

ＰＤＣＡサイクルの中でもＣ（チェック）の部分が重要であることから、内部監査におけるチェックリストの見直しなど、各社、監査の工夫などを行い、課題を明確にし、次年度の活動へ反映している。また、第三者による安全評価の実施により事業所の弱みなど現状の問題点についての診断も行っている。

危険体感教育では、初回において、受講者にアンケートを行い、教育内容の確認を行うと同時に、新規の危険体感教育の参考にし、２回目以降の危険体感内容を改定し、マンネリや慣れの少ない、危険体感教育を実践できた。

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）

2015 年度より、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。2020 年度における各社の取組みを事例紹介する。

（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

これまでも各社において化学物質のリスクアセスメントの実施・リスク低減活動に取り組んでいる。しかし本質的改善を理想としながらも、設備の完全密封化や代替化学物質の使用も難しいことから、保護具による対応箇所も少なからず存在している。

（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

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い、安全活動へのモチベーション向上を図っている。

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。

＜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ります
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 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。

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) 保安事故・労働災害の発生状況

2020 年度、本委員会委員会社である希土類メーカー5 社の過去 15 年間（2005 年～2019 年）の保安事故・労働災害の実態調査を実施した。2020 年度は、2019 年の保安事故・労働災害の発生状況を調査した。2018 年は残念ながら 6 件の事故・災害が発生したが、2019 年は事故・災害はゼロを達成した。

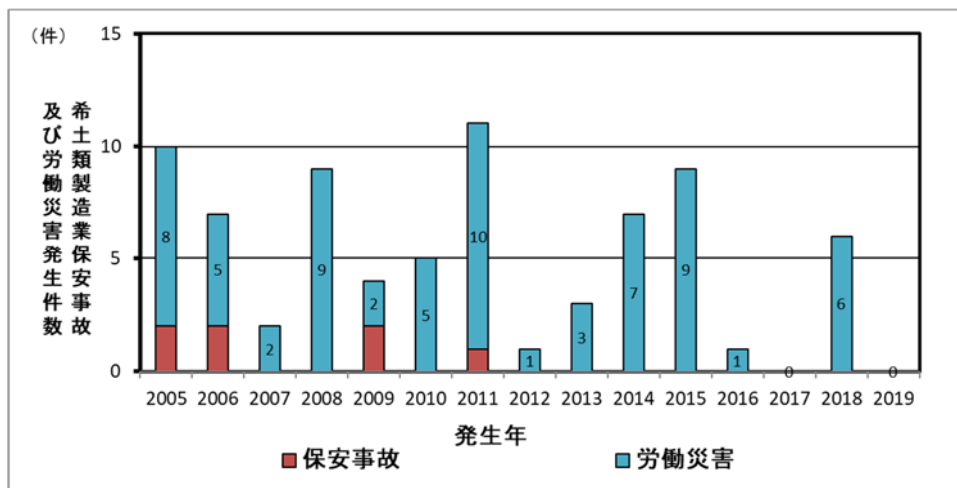
① 保安事故・労働災害の発生状況（2005 年～2019 年）

ア) 年別「保安事故」「労働災害」発生件数および死傷者数（[図Ⅱ-4-1][図Ⅱ-4-2]参照）

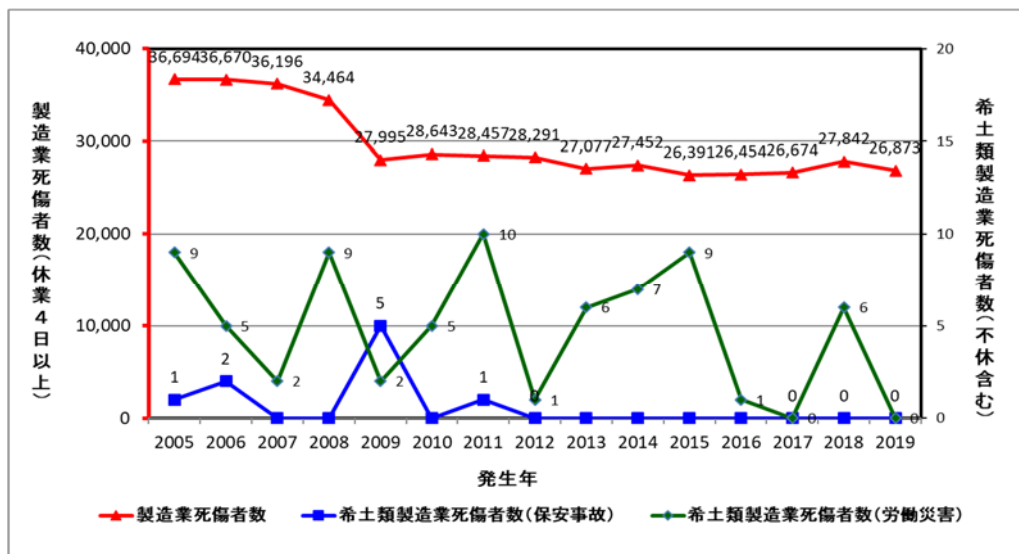
希土類製造業は、2008 年のリーマンショックや、2010 年の尖閣諸島問題に端を発した中国の実質的な希土類輸出規制により、当該時期における生産量が極端に減少したが、死傷者数、発生件数とも、生産量減少の影響は見受けられない。

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。

年別発生件数については、過去 15 年間に於いて平均 5 件の発生、2015 年までの 3 年間は増加傾向であったが、2016 年は 1 件と減少し 2017 年は無事故・無災害を達成したが、2018 年は 6 件と増加した。2019 年は再び無事故・無災害を達成した。2019 年全国製造業の死傷者数においても対前年比減少していた。



[図Ⅱ-4-1 年別「保安事故」および「労働災害」の発生件数（2005 年～2019 年）]

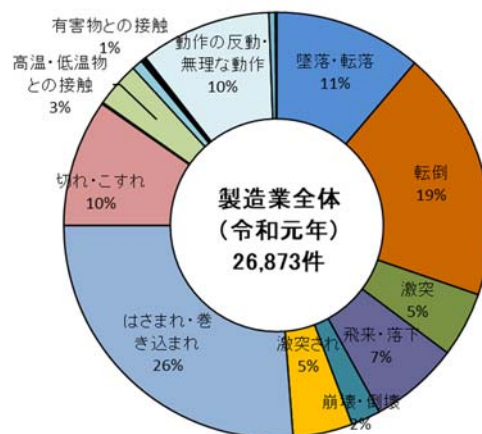
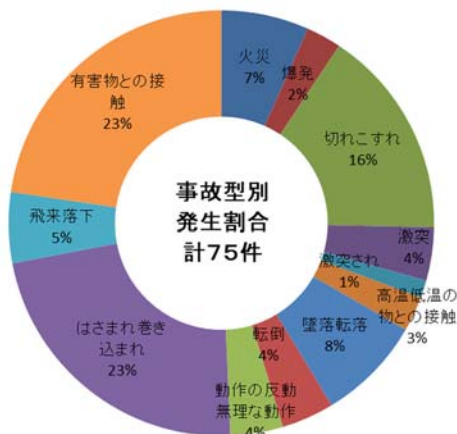


〔図Ⅱ-4-2 発生年別死傷者数（2005年～2019年）〕

イ) 事故型別「保安事故」および「労働災害」発生割合（〔図Ⅱ-4-3〕〔図Ⅱ-4-4〕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。

保安事故は2012年以降ゼロを継続している。労働災害は、希土類製造の3大要因（有害物との接触、はさまれ巻き込まれ、切れこすれ）に起因するものが多い傾向を示す中、2019年は再びゼロを達成した。



引用：厚生労働省「業種・事故の型別死傷災害発生状況（平成31年／令和元年）」

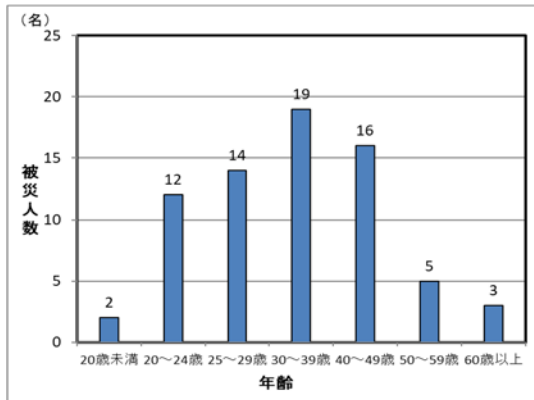
〔図Ⅱ-4-3 希土類製造業の事故型別発生割合（2005年～2019年）〕

〔図Ⅱ-4-4 国内全製造業の事故型別死傷災害発生割合（2019年単年）〕

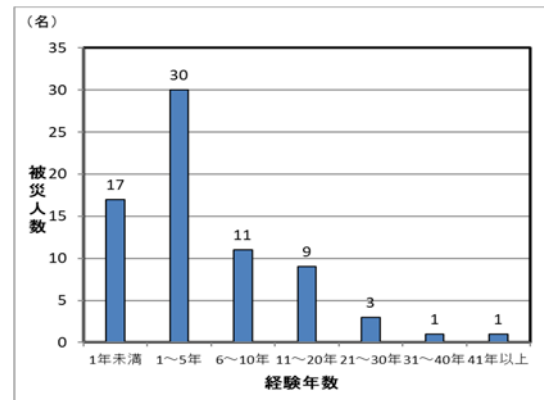
ウ) 年齢および経験年数別 労働災害死傷者数 ([図Ⅱ-4-5][図Ⅱ-4-6]参照)

2019 年は、事故・災害はゼロを達成した。

グラフは、2019 年までの実績を示している。



[図Ⅱ-4-5 年齢別労働災害死傷者数
(2005 年～2019 年)]

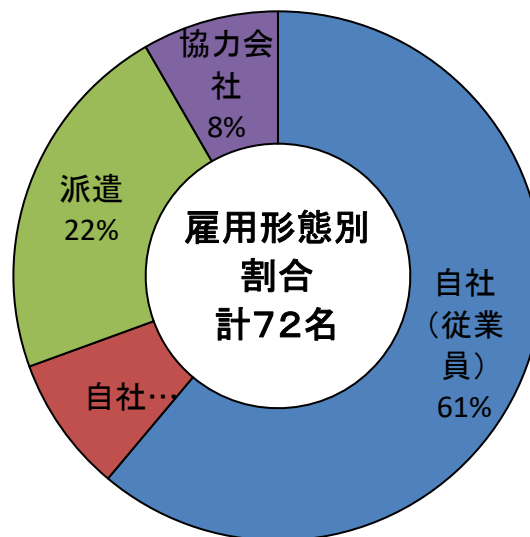


[図Ⅱ-4-6 経験年数別労働災害死傷者数
(2005 年～2019 年)]

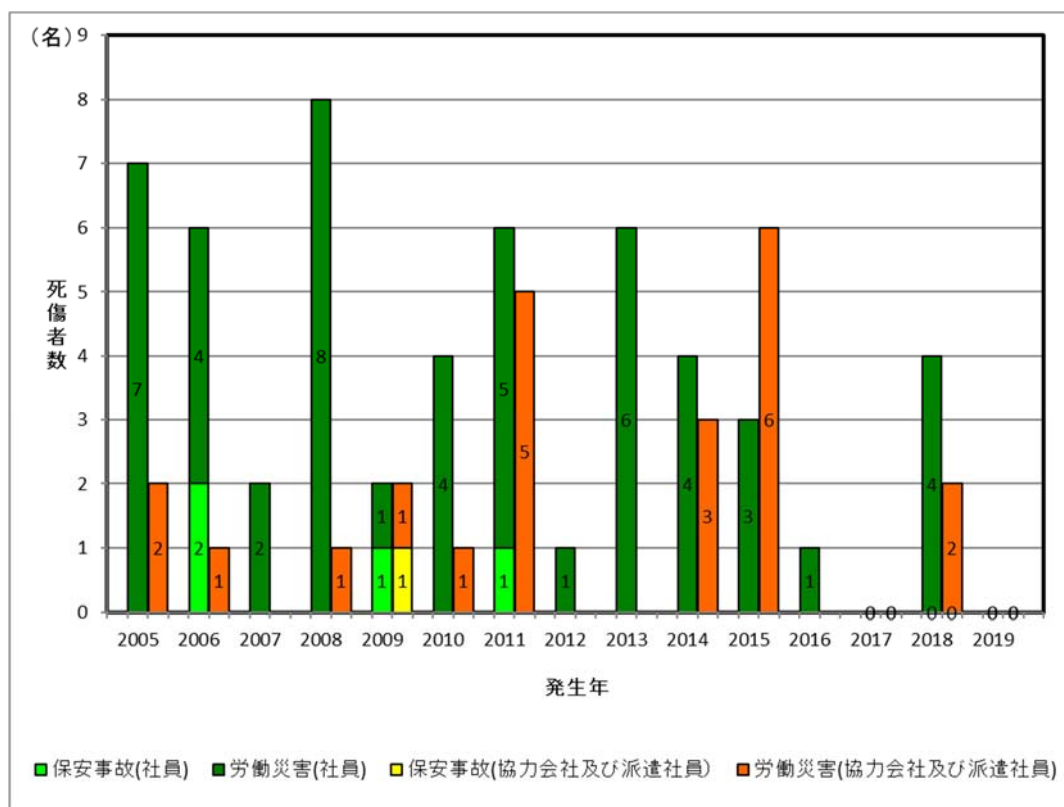
エ) 雇用形態別「労働災害」発生割合 ([図Ⅱ-4-7][図Ⅱ-4-8]参照)

2019 年は、事故・災害はゼロを達成した。

グラフは、2019 年までの実績を示している。



[図Ⅱ-4-7 雇用形態別死傷者数割合 (2005 年～2019 年)]



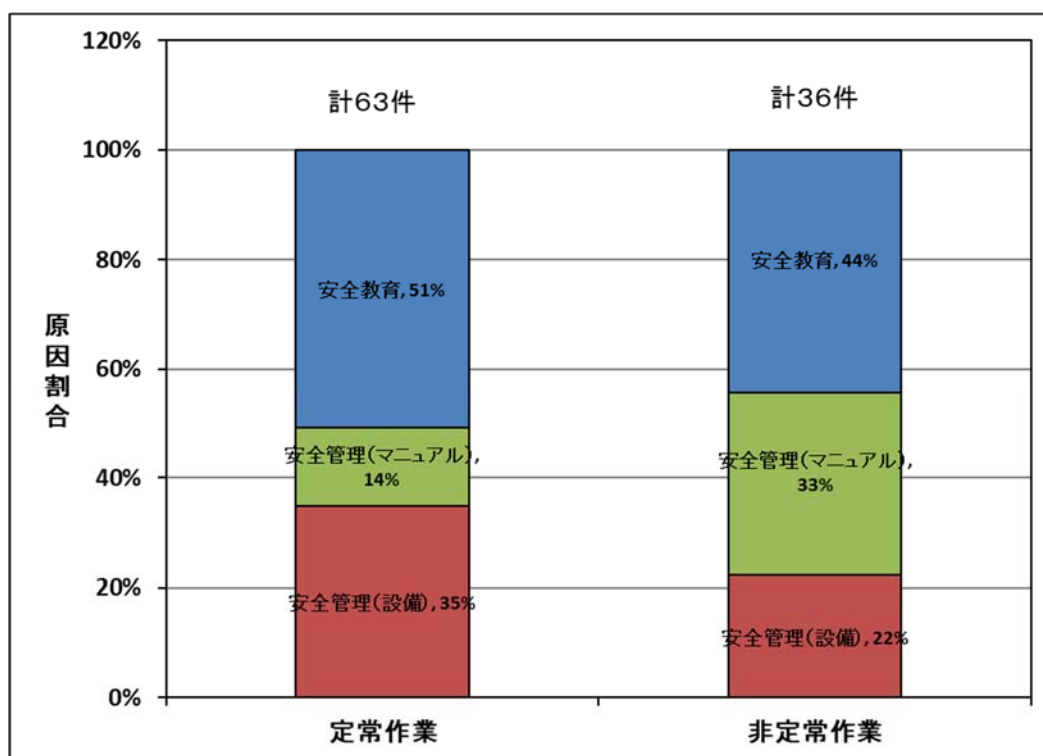
〔図Ⅱ-4-8 雇用形態別「保安事故」および「労働災害」における死傷者数
(2005年～2019年)〕

オ) 原因別「保安事故」および「労働災害」発生割合 (〔図Ⅱ-4-9〕参照)

原因別発生割合について、2019年は事故・災害はゼロを達成したが、2018年までは安全教育が、定常作業で51%、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33%と約2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35%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する。



〔図Ⅱ-4-9 原因別「保安事故」および「労働災害」発生割合（2005年～2019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Ⅱ-4-1〕〔図Ⅱ-4-10〕参照）

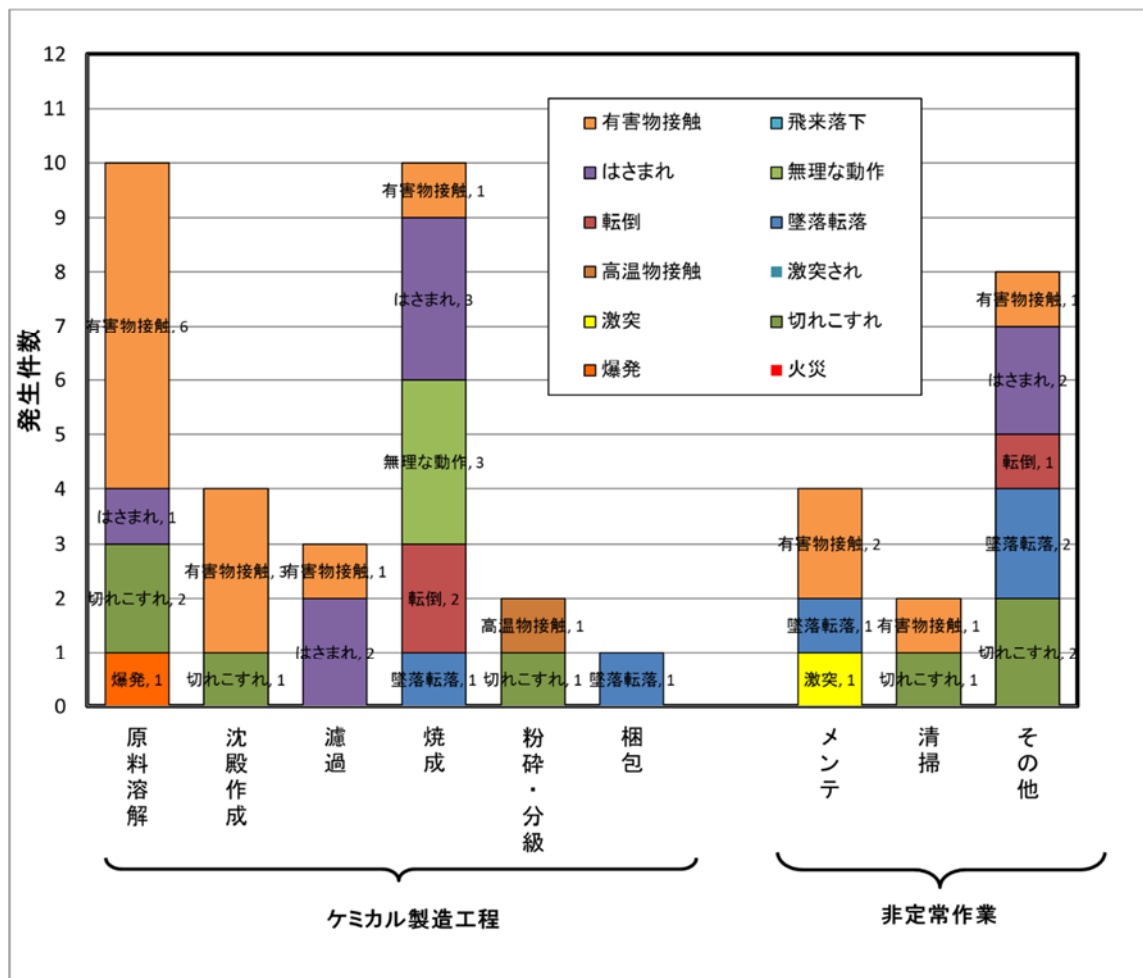
ケミカル製造工程での保安事故は過去15年で原料溶解中の爆発事故の1件だけであり、2019年も0件となった。しかし近年、指定された物質については化学物質のリスクアセスメントが義務化されており、継続した取り組みが必要であると考えられる。

〔表Ⅱ-4-1 ケミカル製造工程別事故型発生件数（2005 年～2019 年）〕

ケミカル製造工程別における災害型別事故発生件数																						
		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		*		2						1		6*				10	30		
	沈殿作成		*		*		1								3	*			4			
	濾過			*									2		1				3			
	焼成			*						1	2	3	3		1				10			
	粉碎・分級						1			1			*						2			
	梱包										1										1	
非定常作業	メンテ						1			1					2				4	14		
	清掃						1								1				2			
	その他(移動中、運搬中等)					*	2			2	1		2		1				8			
小計		0	1	0	0	0	7	1	0	1	5	3	3	8	0	15	0	0	0			
中計		1					43															
合計																					44	

※ 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）

※ 2019 年は、件数なし発生。（2018 年は 6 件発生）



〔図Ⅱ-4-10 ケミカル製造工程別事故型発生件数（2005年～2019年）〕

イ) 金属・合金製造工程（〔表Ⅱ-4-2〕〔図Ⅱ-4-11〕参照）

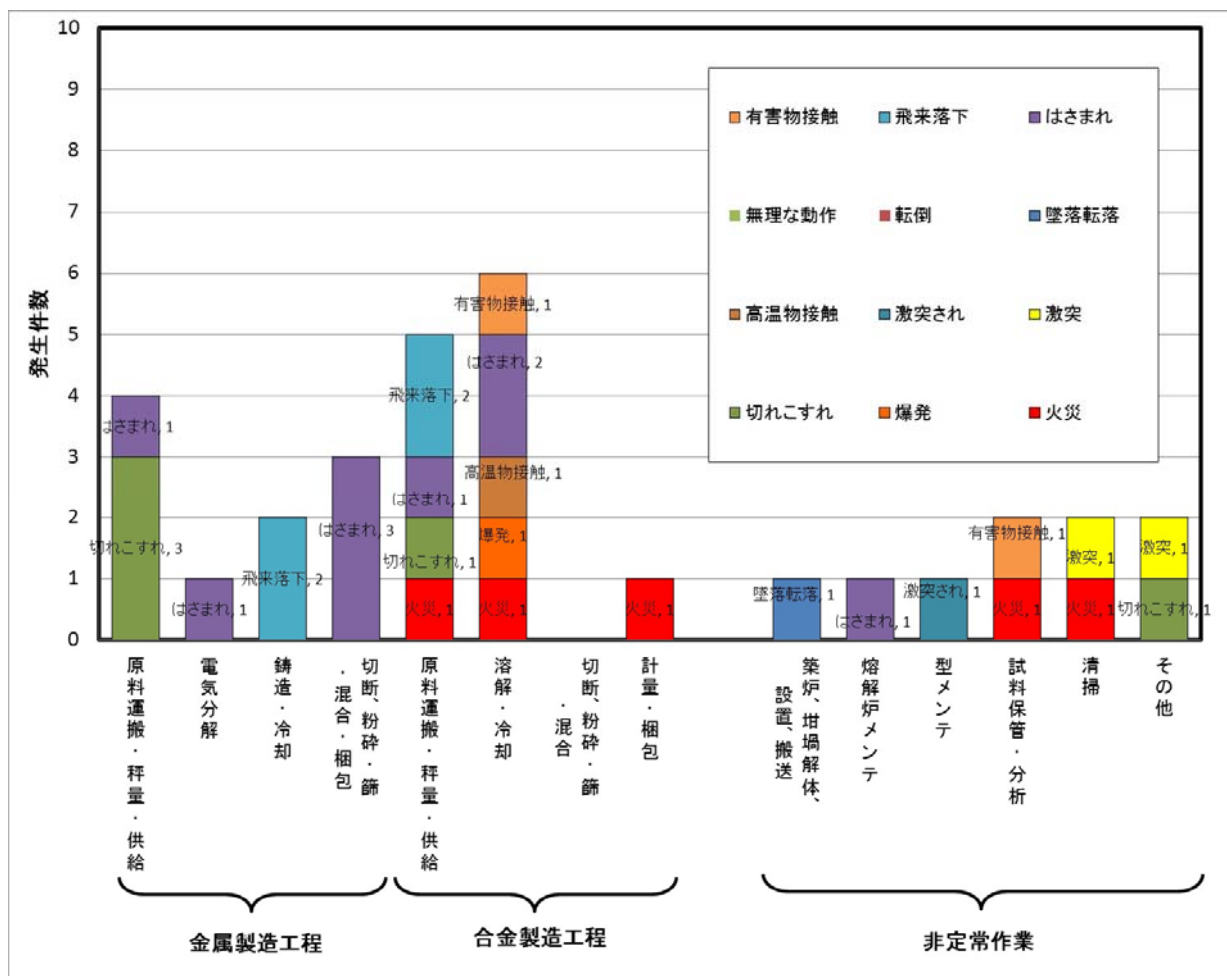
金属・合金製造工程での保安事故は、各種工程での火災、爆発が6件あったが、2012年以降は0件であり、2019年もゼロを達成した。労働災害は2017年、2018年、2019年は無災害を達成した。

また、〔表Ⅱ-4-2〕に示すとおり、過去の労働災害もリスクが想定されていなかった組み合わせで発生している。これもリスクアセスメントのリスク評価でレベルが低く、対策の優先度が低くなっているためではないかと考えられる。再度、リスクアセスメントを実施の上、発生頻度も考慮し、災害の程度が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Ⅱ-4-2 金属・合金製造工程別事故型発生件数（2005年～2019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	*					3							1						4	22		
	電気分解		*											1						1			
	鑄造・冷却														2					2			
	切断・粉砕・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・粉砕・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	9		
	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				2			
	清掃	1						1												2			
	集塵機	*																		0			
	その他(移動中、運搬中等)						1	1												2			
小計		5	1	0	0	0	5	2	1	1	1	0	0	9	4	2	0	0	0				
中計		6					25																
合計																						31	

※ 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）

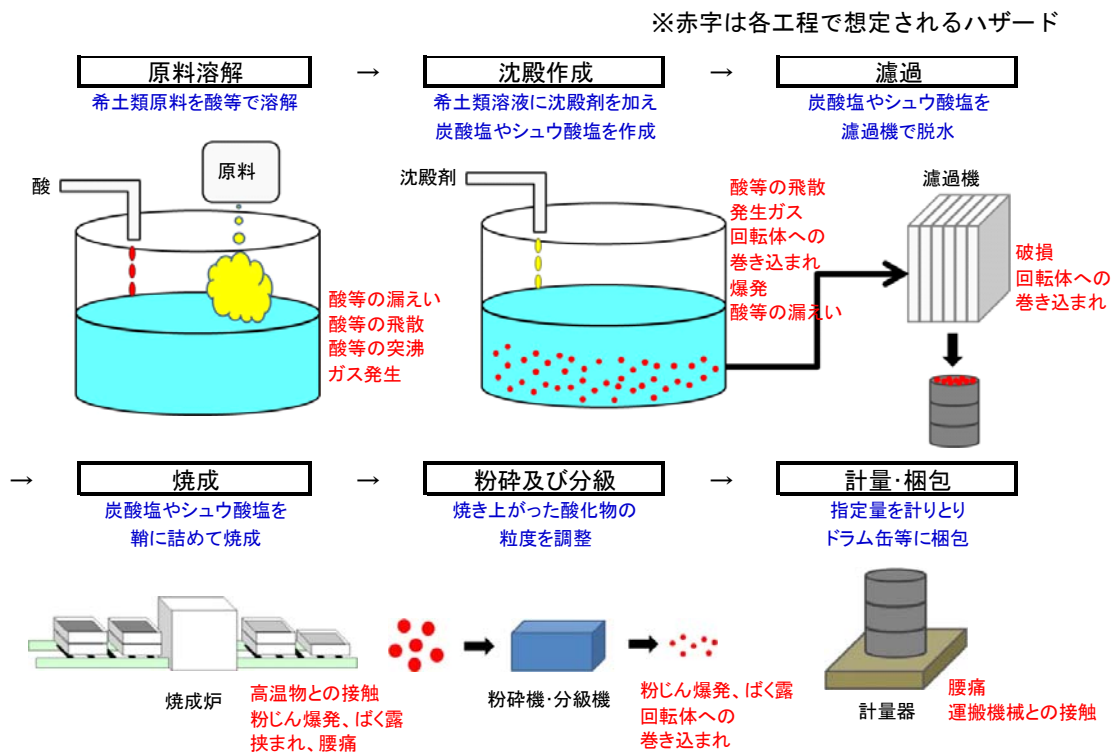


[図Ⅱ-4-11 金属・合金製造工程別事故型発生件数（2005年～2019年）]

（２）潜在危険性（ハザード）と安全対策

ケミカルおよび金属・合金製造におけるハザードと安全対策については平成27年度行動計画にまとめた事項（下記〔図Ⅱ-4-12〕〔図Ⅱ-4-13〕〔表Ⅱ-4-3〕〔表Ⅱ-4-4〕）について周知徹底を図る。

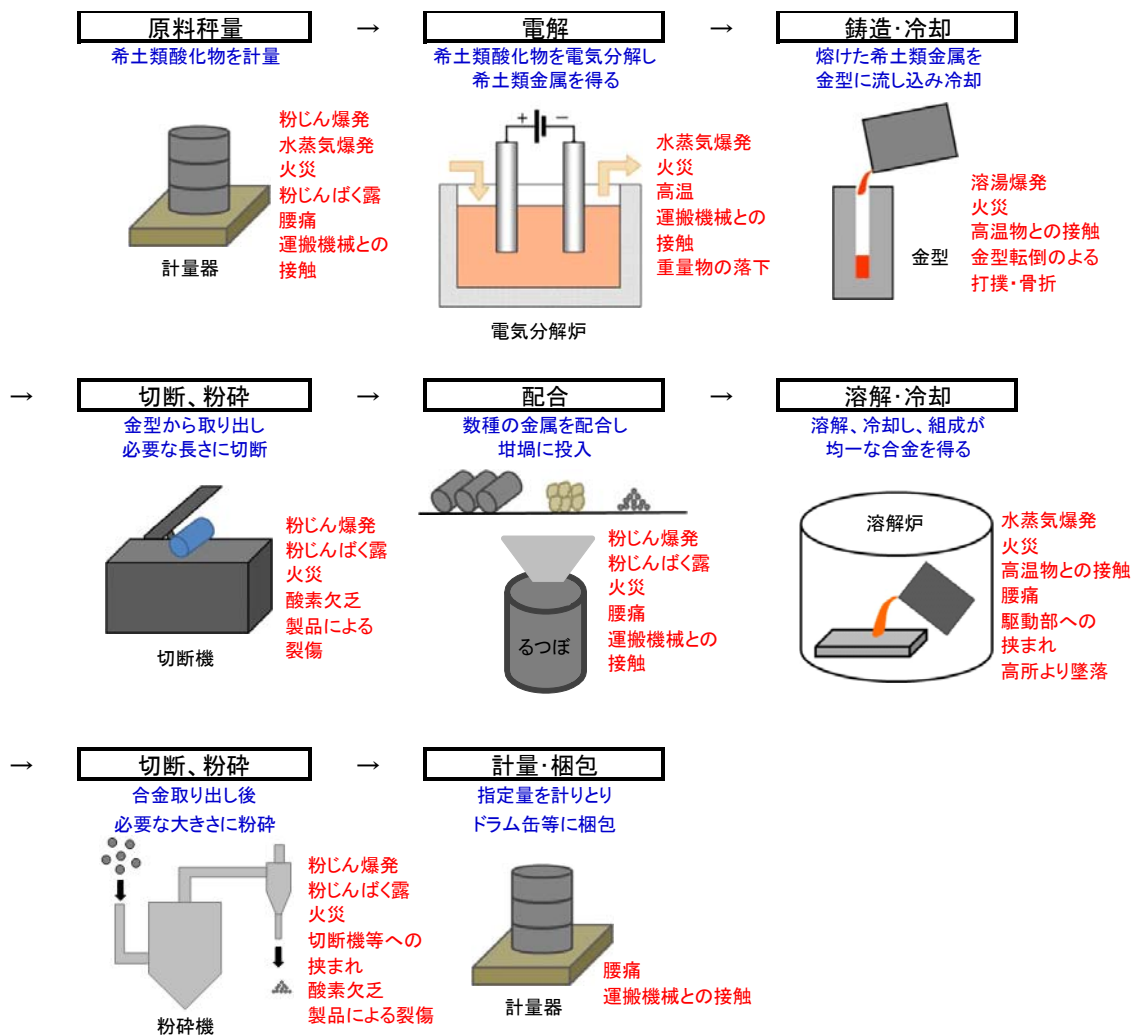
ケミカル製造は希土類原料から希土類酸化物を製造するものである。希土類原料を溶解、沈殿させて、炭酸塩やシュウ酸塩を作成する。これを濾過機で脱水し、濾過（脱水）ケーキを電気炉等で焼成し、粉碎・分級する流れとなっている。



〔図Ⅱ-4-12 ケミカル製造フロー〕

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



[図Ⅱ-4-13 金属・合金製造フロー]

[表Ⅱ-4-3 ケミカル製造におけるハザードと安全対策]

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) G L 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Ⅱ-4-4 金属製造・合金製造におけるハザードと安全対策]

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	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

	3) 坩堝破損による溶湯流出 (爆発・火災)		
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	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

		4) 切れこすれ、激突、墜落転落、挟まれ巻き込まれ、飛来落下	困気、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
--	--	---------------------------------------	--

(3) P D C Aサイクルによる改善実績

- ・ 年度毎のユーザー監査を受審し、是正事項を改善。
- ・ 社内パトロール指摘事項の改善を実施。
- ・ 労働基準監督署の臨検監督(立入調査)での是正勧告および指導事項を改善。

(4) 希土類製品の使用上の注意事項

2015 年度、希土類製品の使用上の注意事項について見直しを実施し、刊行された「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）」が新金属協会ホームページの T O P > 協会について > 事業案内（安全委員会策定平成 27 年度災害防止行動計画）に掲載されている。

5. 希土類製造事業者としての取組み（フォローアップ）

2015 年度より、本委員会委員会社である希土類メーカー5 社（本委員会設立当初は 8 社）は、災害防止対策に関する行動計画の策定と希土類製品の製造および使用上の注意事項／ガイドラインを作成、周知徹底し、保安事故および労働災害防止に向けた諸施策を実施してきた。

2018 年に 6 件の労働災害が発生したが、2019 年はゼロに転じた。だが、過去にリバウンドしていることもあり、引き続き希土類製造業者としてフォローアップが必要という認識で一致した。そこで 2005～2019 年の事例および新たな課題に対する 2020 年度における各社の取組みを紹介する。

（1）希土類および製造プロセスにおけるハザードと安全対策の周知徹底

希土類および製造プロセスにおけるハザードと安全対策の周知徹底のため、次の対策を実施した。

① 安全管理（設備）

- ・新規設備の安全診断（安全委員会）
- ・新規設備社内基準の導入を検討中
- ・保安事故・労働災害現場の設備対策についてフォローアップ監査
- ・保安事故・労働災害現場の設備対策実施状況を統括安全委員会で報告

② 安全管理（マニュアル）

- ・安全教育マニュアル作成要領を作成
- ・各部署受入時安全教育マニュアルの内容、方法を見直し
- ・危険物・毒劇物取扱いなど各種安全衛生関係要領を作成
- ・製造部長による手順書を元にした安全作業チェックを実施
- ・他工場で「はい作業」に該当する作業があったのでははい作業基準要領を作成
- ・吊り具の点検後の識別マークを全社に水平展開するためクレーン及び玉掛け作業要領を改訂
- ・他社フレコン落下事故情報を受け、フレコン作業基準要領を作成
- ・労働災害の要因にKYの未実施が挙げられていたので、どのような場合にKYを実施するか、危険予知（KY）活動実施要領を作成
- ・労働安全衛生法施行令等の一部改正により女性労働基準要領を改訂

③ 安全教育

- ・安全教育（派遣社員、パート社員、嘱託社員）の実施
- ・危険体験訓練（若手社員～ベテラン）の実施
- ・危険体験訓練の各社利用教育機関を調査、共有化
- ・リスクアセスメント講習会受講、社内リスクアセスメント発表会開催

- ・防災訓練、避難訓練、消火訓練を実施
- ・AED取扱い講習会、普通救命講習会
- ・KYTの徹底（特に派遣社員）
- ・フォークリフト免許保有者への再教育を実施
- ・交通安全教育の実施（交通安全協会からのレンタルDVD視聴など）

④ 危険性知識の習得

- ・水蒸気爆発についての講演会を開催（外部講師）
- ・水素取扱いについての講演会を開催（外部講師）
- ・粉じん爆発についての講演会を開催（外部講師）
- ・化学物質のリスクアセスメントを実施
- ・希土類などの金属の燃焼実験を実施（消防署員も参加）
- ・化学物質のリスクアセスメントのセミナー受講

⑤ 作業環境の改善

- ・特定化学物質、有機溶剤、騒音、温度などの作業環境測定
- ・リフラクトリーセラミックファイバーの特定化学物質指定に対する対応（代替品への置き換え推進）

⑥ その他

- ・作業の安全パトロールを実施（ビデオ撮影を利用）
- ・安全衛生管理実施計画を配付（掲示）し、共有化

（２）保安事故、労働災害事例の分析、その他安全情報の共有化（社内外）

保安事故、労働災害事例の分析、その他安全情報の共有化をはかるため、次の活動を実施した。

- ・管理職会議で昨年の行動計画でまとめた保安事故・労働災害統計結果を報告
- ・顧客および各工場宛にガイドラインを配付（共同研究の大学にも配付）
- ・製造現場責任者に H28 年度行動計画を配布し共有化を依頼
- ・工場安全研修会にて希土類業界事故データ解析結果を報告
- ・他社事故情報を全社員に配信
- ・労働災害検討会記録を共有化

（３）リスクアセスメント活動（化学物質含む）

想定外での保安事故、労働災害の事例が数多く報告されているので、危険要因を取り除くために、次の活動を実施した。

- ・化学物質のリスクアセスメントを開始
- ・火災・爆発に関するリスクアセスメントを実施
- ・リスク低減活動及びヒヤリハット活動の取り込み

- ・追加指定された化学物質のリスクアセスメントを実施
 - ・全工場でリスクアセスメント発表会を開催
- (4) 不安全状態、不安全行動撲滅に向けた取り組み
- 不安全行動を見つけたらその場で注意し、正していただき労働災害を未然に防ぐ
- ・相互注意活動を展開
 - ・専任の安全管理者による安全 5S パトロール
- (5) 安全文化醸成に向けた取り組み（表彰制度など）
- 安全文化醸成に向け、次の活動を実施した。
- ・部門安全表彰、個人安全表彰
 - ・安全スローガンの募集
 - ・安全功労金（無事故の場合、非管理職社員、契約社員、派遣社員全員に）
 - ・改善提案表彰にて、安全部門の表彰
 - ・個人安全スローガン宣言
 - ・過去に発生した労働災害死亡事故の日を『安全の日』とし、黙祷、役員訓示、管理職決意表明、防災訓練、金属の燃焼実験などを実施
- (6) 経営トップ等の強い関与
- 経営トップ等に強く関与いただくため、次の活動を実施した。
- ・経営幹部による安全パトロール
 - ・統括安全委員長による安全パトロール
 - ・統括安全委員長による安全管理方針表明と追加通達
 - ・経営者、管理職によるのべ年 80 回程度の安全パトロール
 - ・リモートによる安全巡視の検討

6. タンタル製造業における保安事故・労働災害の実態と安全対策

(1) タンタル製造業における保安事故・労働災害の実態調査

2020 年度、タンタル部会2 社の過去15 年間（2005 年～2019 年）の保安事故・労働災害の実態調査を実施した。保安事故の事例は[別表 5]に、労働災害の事例は[別表 6]にそれぞれ示すとおりである。事故事例の件数は、保安事故1 件と労働災害12 件を合わせた計13 件である。

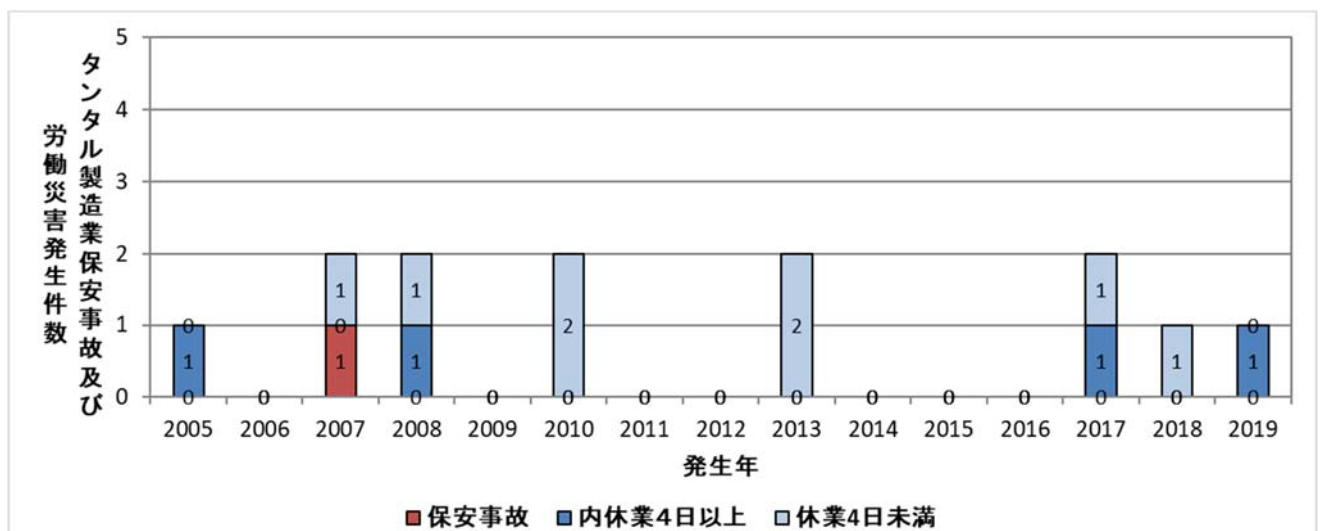
対象となる部会会社が2社 と少数であるため、工程別の保安事故・労働災害等に基づく発生リスクの解析では、ヒヤリ・ハット等情報も含めた想定リスクも含めて実施した。

① 保安事故・労働災害の発生状況（2005 年～2019 年）

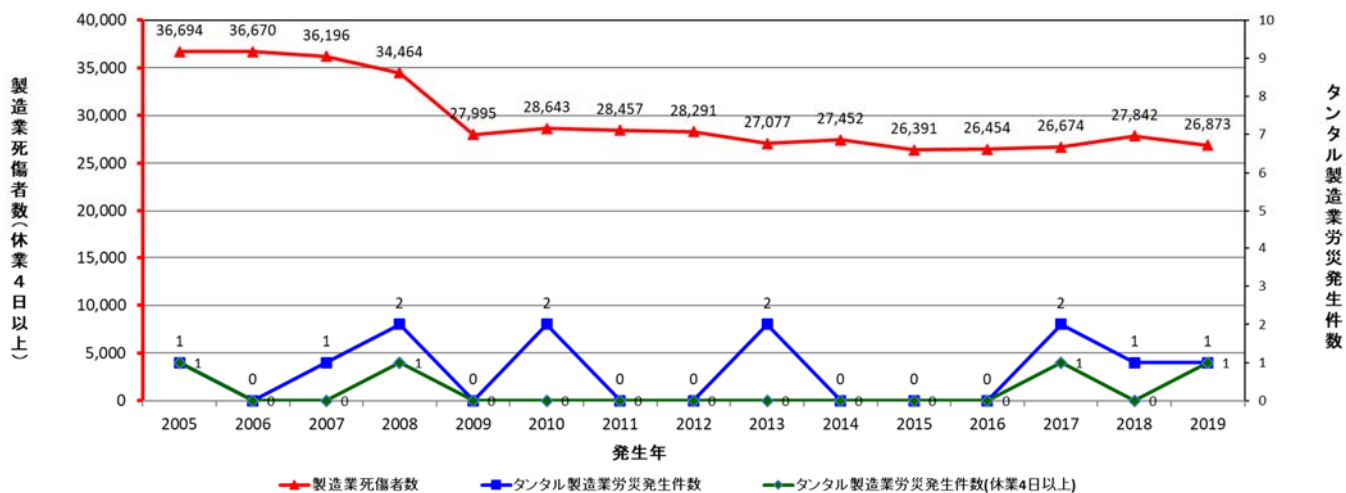
ア) 年別「保安事故」「労働災害」発生件数および死傷者数（[図Ⅱ-6-4]、[図Ⅱ-6-5]参照）

まず、年別発生件数については、この15 年間において、散発的に発生している状態である。全国製造業の死傷者数は2009 年以降減少傾向にあるが、タンタル製造業では死亡事故の発生は無い。又、2007 年以降保安事故は発生していない。2008 年以降は休業4日以上以上の労災は発生していなかったが、2017年に休業30日の休業災害が1件発生し、2019年には休業46日の休業災害が1件発生した。

2008 年のリーマンショック他等、種々要因による製造量の変動はあるが、発生件数への影響は見受けられない。



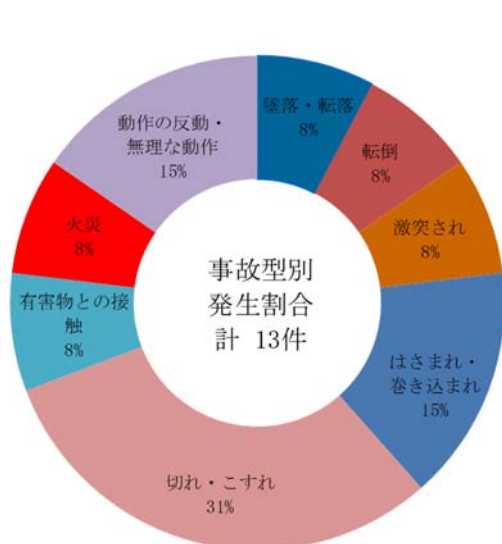
[図Ⅱ-6-4 年別「保安事故」および「労働災害」の発生件数（2005 年～2019 年）]



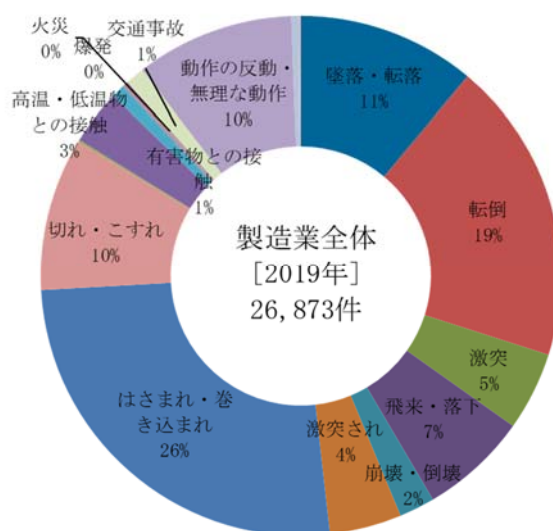
〔図Ⅱ-6-5 発生年別死傷者数（2005 年～2019 年）〕

イ) 事故型別「保安事故」および「労働災害」発生割合（〔図Ⅱ-6-6〕、〔図Ⅱ-6-7〕参照）

事故型別発生割合については、実績数が少ないが、切れこすれが約3割を占め、2019 年全製造業事故型別死傷災害発生割合と傾向が異なる。このことから、作業者が物質を取扱う際により注意が必要であることがわかる。また、タンタル製造業では保安事故における人的災害の発生はない。



〔図Ⅱ-6-6 タンタル製造業の事故型別発生割合（2005 年～2019 年）〕



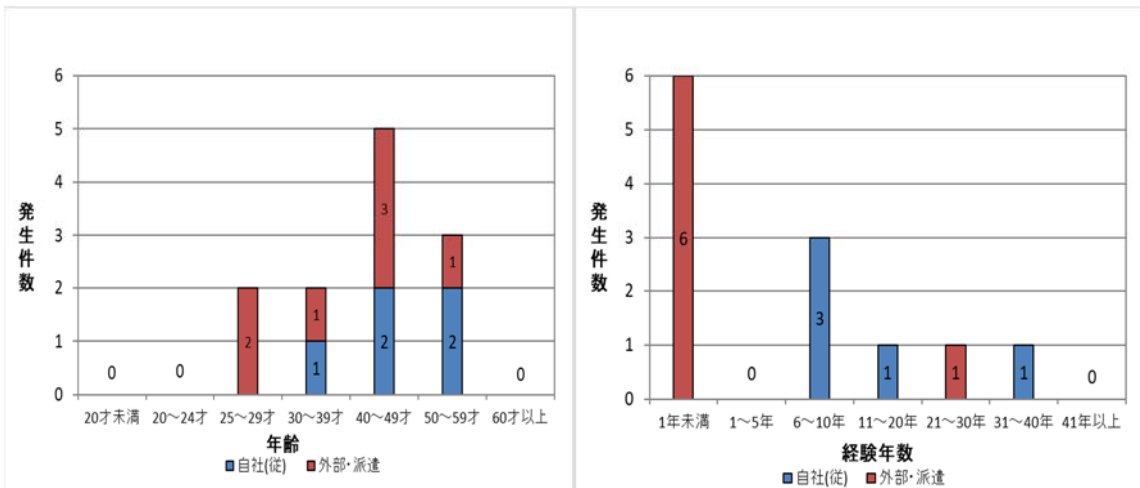
〔図Ⅱ-6-7 国内全製造業の事故型別死傷災害発生割合（2019 年単年）〕

引用：厚生労働省「業種、事故の型別死傷災害発生状況（平成31年）」

ウ) 年齢および経験年数別労働災害死傷者数（〔図Ⅱ-6-8〕～〔図Ⅱ-6-9〕参照）

年齢別では、40代の件数が多く、経験年数別では、経験年数の短い作業者（1年未満）の件数が多くなっている。

雇用形態別に事故件数を見た場合、自社従業員、外部・派遣社員共、30代以降に発生件数は分散しているが、経験1年未満の事故は全て外部・派遣社員が占めており、業務初期の安全教育の充実が重要であることが伺える。



〔図Ⅱ-6-8 年齢別労働災害死傷者数〕

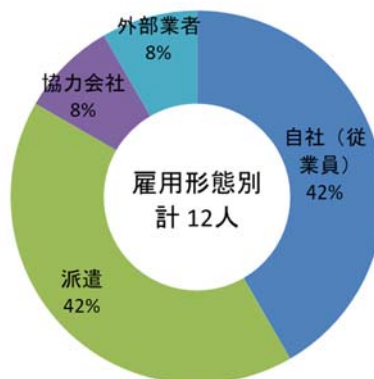
(2005 年～2019 年)

〔図Ⅱ-6-9 経験年数別労働災害死傷者数〕

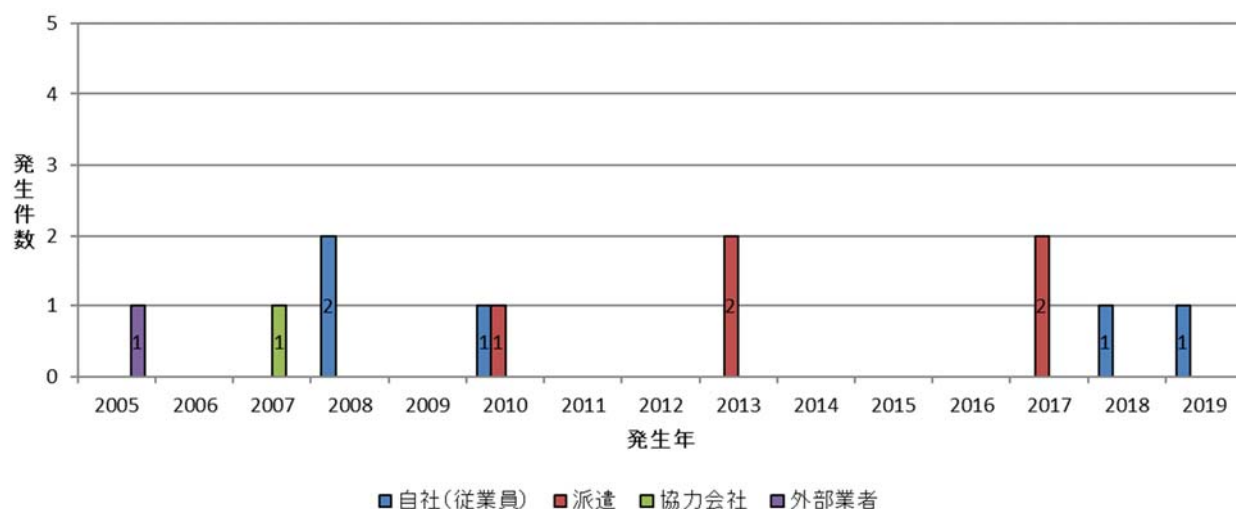
(2005 年～2019 年)

エ) 雇用形態別「労働災害」発生割合（〔図Ⅱ-6-10〕、〔図Ⅱ-6-11〕参照）

雇用形態別発生割では、自社（従業員）及び派遣社員の事故比率が全体の8割を占めており、近年は自社（従業員）と派遣社員との事故件数が拮抗している。これは経験年数が長くても事故の発生が認められることによるもので、個々の事故内容をみると、非定常時の状況に応じた危険に対する認識力が影響しており、引続き、個々の危険感受性向上の取組みが重要と考えられる。



〔図Ⅱ-6-10 雇用形態別死傷者数割合（2005 年～2019 年）〕

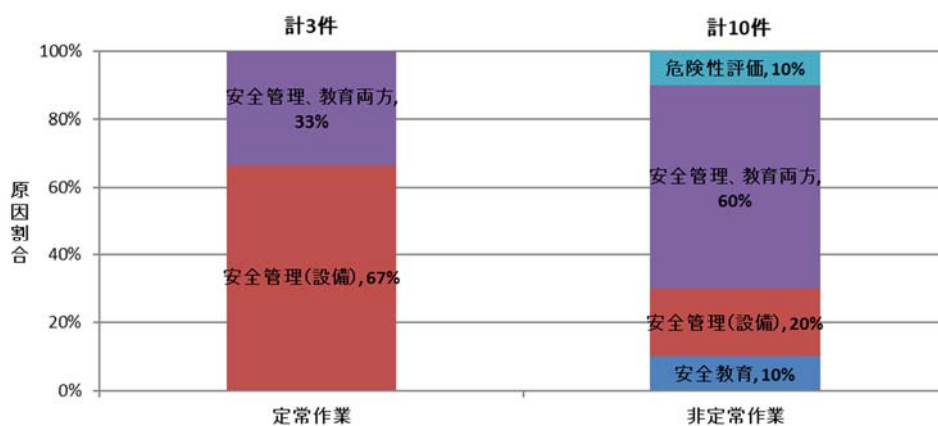


〔図Ⅱ-6-11 雇用形態別「労働災害」件数（2005 年～2019 年）〕

オ) 原因別「保安事故」および「労働災害」発生割合（〔図Ⅱ-6-12〕参照）

原因別発生割合について見ると、定常作業中よりも非定常作業中の事故、災害の件数の方が多い。原因割合は、非定常作業で安全管理と安全教育の両方の実施が5割以上となっている。特に、非定常作業では、危険性評価、安全教育という事前の取組みの充実、徹底が殆どとなっている。

また、年齢別、経験年数別、雇用形態別の発生状況から、作業者の教育、経験が不十分であることが災害に繋がる傾向も想定されるため、安全教育の充実、徹底を行うと共に、作業の潜在危険性を更に減少させる取組みを進めていくことが重要と考えられる。



〔図Ⅱ-6-12 原因別「保安事故」および「労働災害」発生割合（2005 年～2019 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リスク

各タンタル製造業における工程別、事故型別の保安事故・労働災害発生リスクは以下の様になっている。尚、解析には想定リスクを含めて行った。

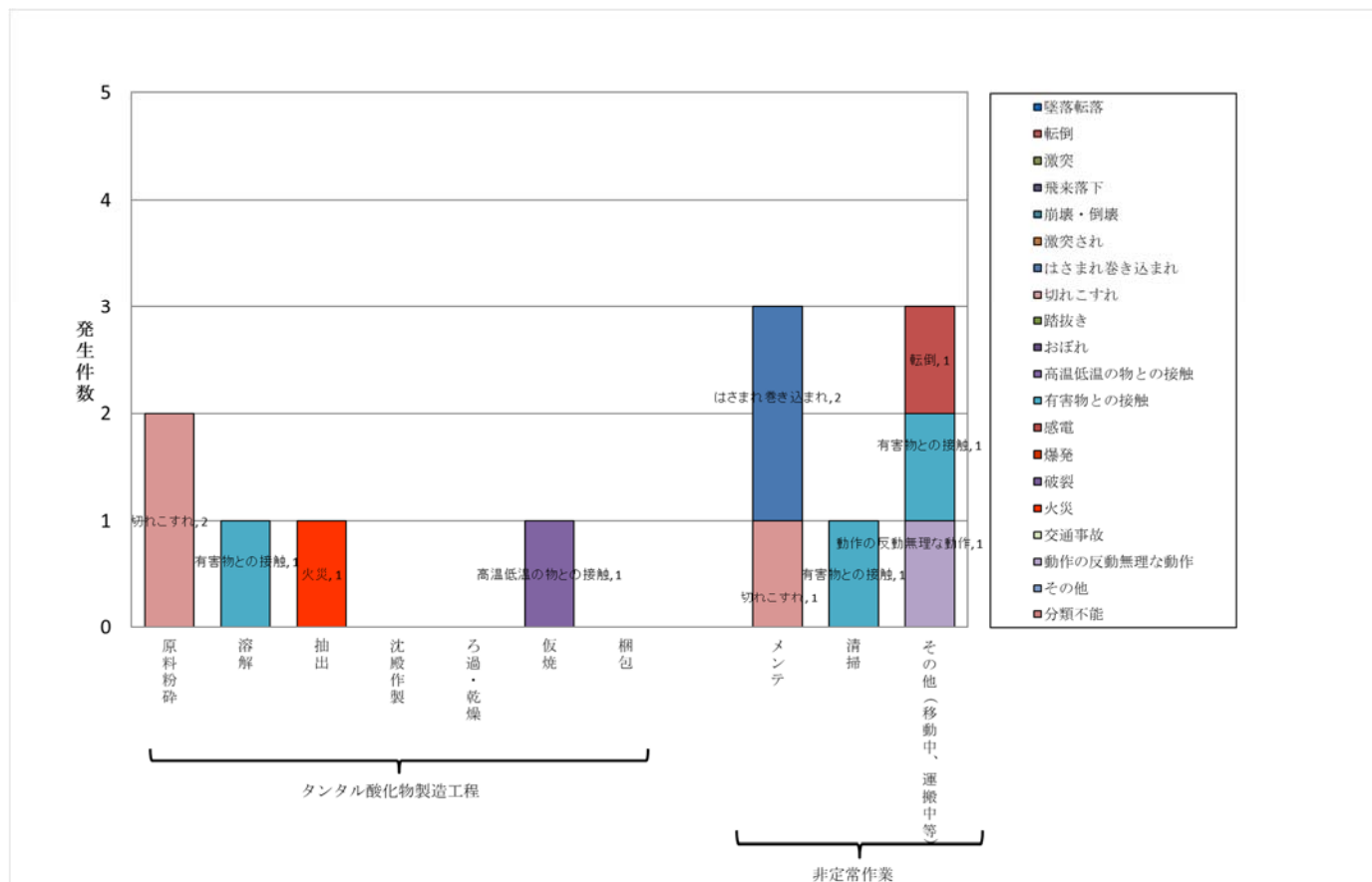
ア) タンタル酸化物工程（〔表Ⅱ-6-1〕、〔図Ⅱ-6-13〕参照）

タンタル酸化物製造では保安事故の発生リスクよりも労働災害発生リスクが高く、定常、非定常作業ともに、切れこすれや有害物等との接触に関する事故が発生しており、鋭利な物や有害物等の接触リスクが比較的高いと思われ、作業前の打ち合わせ、確認等での、接触に対する注意を促す対策が重要と考えられる。

〔表Ⅱ-6-1 タンタル酸化物 工程別事故型リスク（2005 年～2019 年）〕

作業分類	災害分類 工程名	保安事故		労働災害													小計	中計	合計		
		爆発	火災	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	高温低温の接触	有害物との接触	動作の反動無理な動作					
定常	原料粉碎										2						2	5	12		
	溶解													1		1					
	抽出		1													1					
	沈殿作製															0					
	ろ過・乾燥															0					
	仮焼												1			1					
	梱包															0					
非定常	メンテ									2	1						3	7			
	清掃													1		1					
	その他（移動中、運搬中等）				1									1	1	3					
小計		0	1	0	1	0	0	0	0	2	3	0	0	1	3	1					
中計		1			11																
合計																			12		

塗りつぶしセルは想定リスクを示したもの



〔図Ⅱ-6-13 タンタル酸化物 工程別事故型リスク（2005 年～2019 年）〕

イ) タンタル炭化物工程（〔表Ⅱ-6-2〕、〔図Ⅱ-6-14〕参照）

タンタル炭化物製造では、保安事故、労働災害の発生はない。想定によるリスクとしては、各工程に労働災害発生リスクが在り、特に炭化炉関係で高温物との接触リスクが比較的多くなっている。

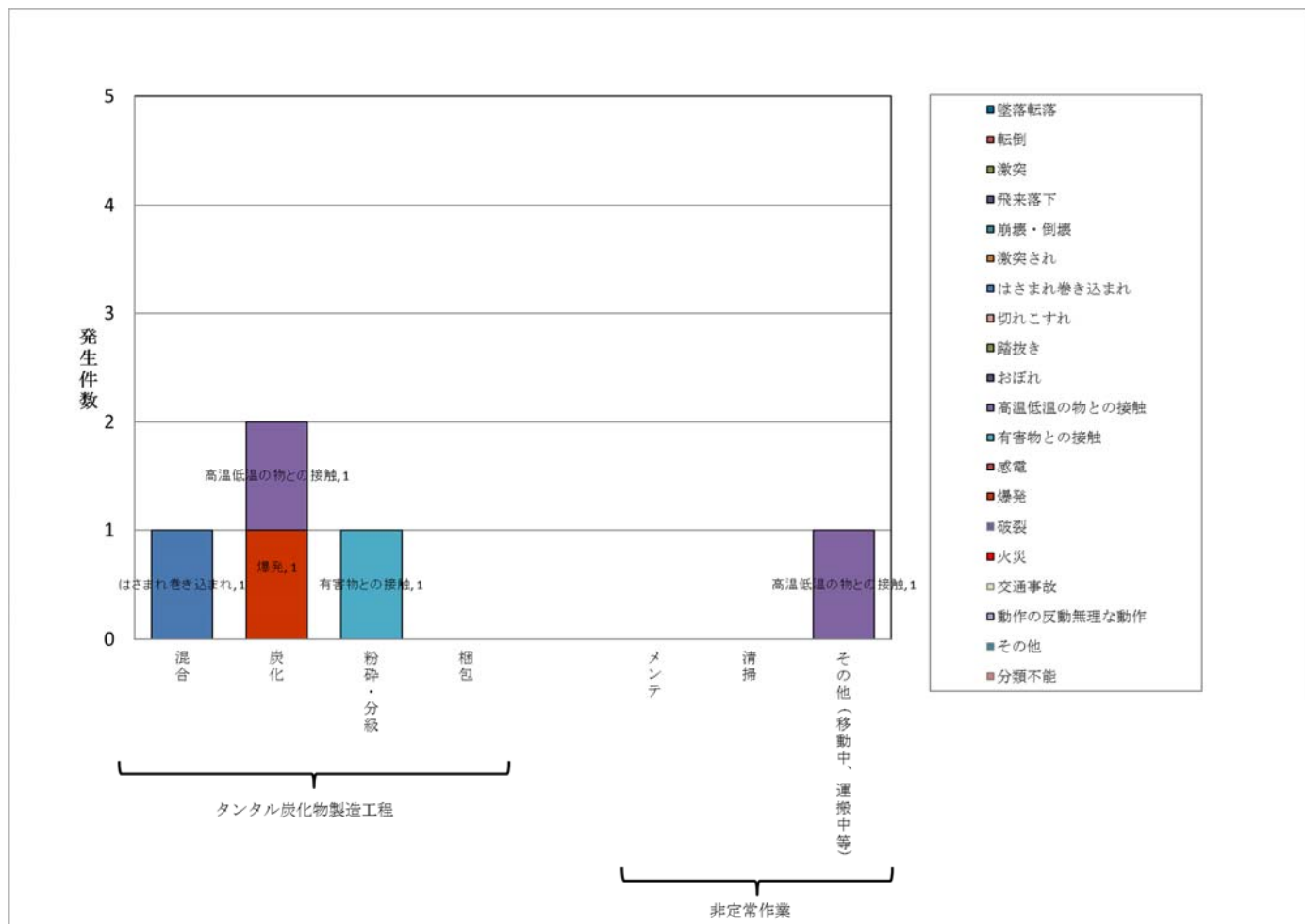
作業手順通りの確実な作業で安全を確保出来るよう、継続した取組みが必要と考えられる。

〔表Ⅱ-6-2 タンタル炭化物 工程別事故型リスク（2005 年～2019 年）〕

作業分類	災害分類 工程名	保安事故		労働災害												小計	中計	合計
		爆発	火災	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	高温低温の物との接触	有害物との接触			
定常	混合								1							1	4	
	炭化	1											1			2		
	粉碎・分級													1		1		
	梱包															0		
非定常	メンテ															0	1	
	清掃															0		
	その他（移動中、運搬中等）												1			1		
小計		1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	0			
中計		1		4														
合計																		

5

塗りつぶしセルは想定リスクを示したもの



〔図Ⅱ-6-14 タンタル炭化物 工程別事故型リスク（2005 年～2019 年）〕

ウ) タンタル粉工程（〔表Ⅱ-6-3〕〔図Ⅱ-6-15〕参照）

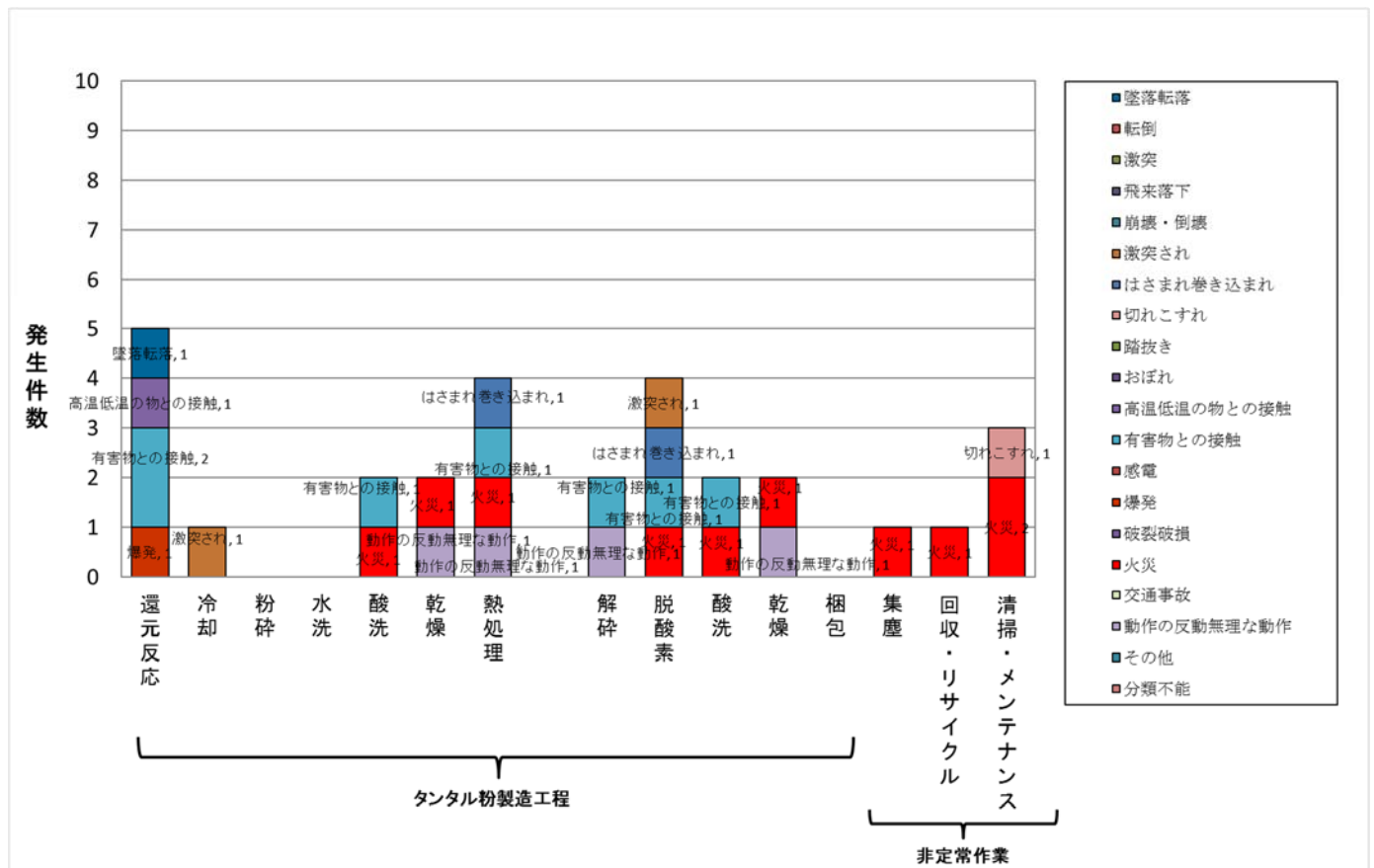
タンタル粉製造では、火災発生リスクが高く、非常作業で保安事故1件が発生している。可燃物であるタンタル粉の取扱いに関連した安全教育の充実が保安事故対策として重要と考えられる。

また、労働災害リスクとしては、有害物との接触や動作の反動・無理な動作等、薬品や作業性に起因するものが比較的多くなっている。従って、安全教育の際には、化学物質や作業方法に関連する安全を確実に実施することが重要と考えられる。

〔表Ⅱ-6-3 タンタル粉 工程別事故型リスク（2005 年～2019 年）〕

作業分類	災害分類 工程名	保安事故		労働災害												小計	中計	合計
		爆発	火災	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	高温低温の物との接触	有害物との接触			
定常	還元反応	1		1										1	2		5	24
	冷却								1								1	
	粉碎																0	
	水洗																0	
	酸洗		1												1		2	
	乾燥		1													1	2	
	熱処理		1							1					1	1	4	
	解砕														1	1	2	
	脱酸素		1						1	1					1		4	
	酸洗		1												1		2	
乾燥		1													1	2		
非常	梱包																0	5
	集塵		1														1	
	回収・リサイクル		1														1	
	清掃・メンテナンス		2								1						3	
小計		1	10	1	0	0	0	0	2	2	1	0	0	1	7	4		
中計		12		17														
合計																		

塗りつぶしセルは想定リスクを示したもの



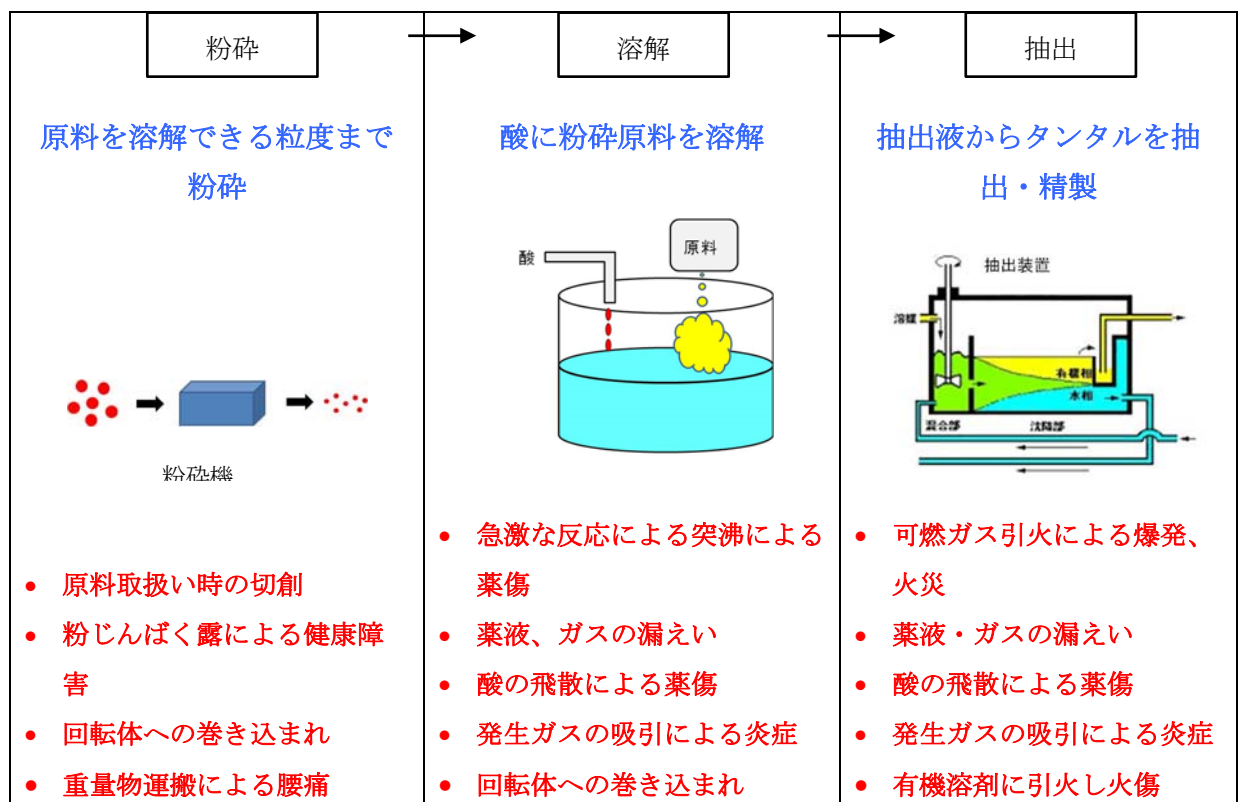
[図Ⅱ-6-15 タンタル粉 工程別事故型リスク（2005 年～2019 年）]

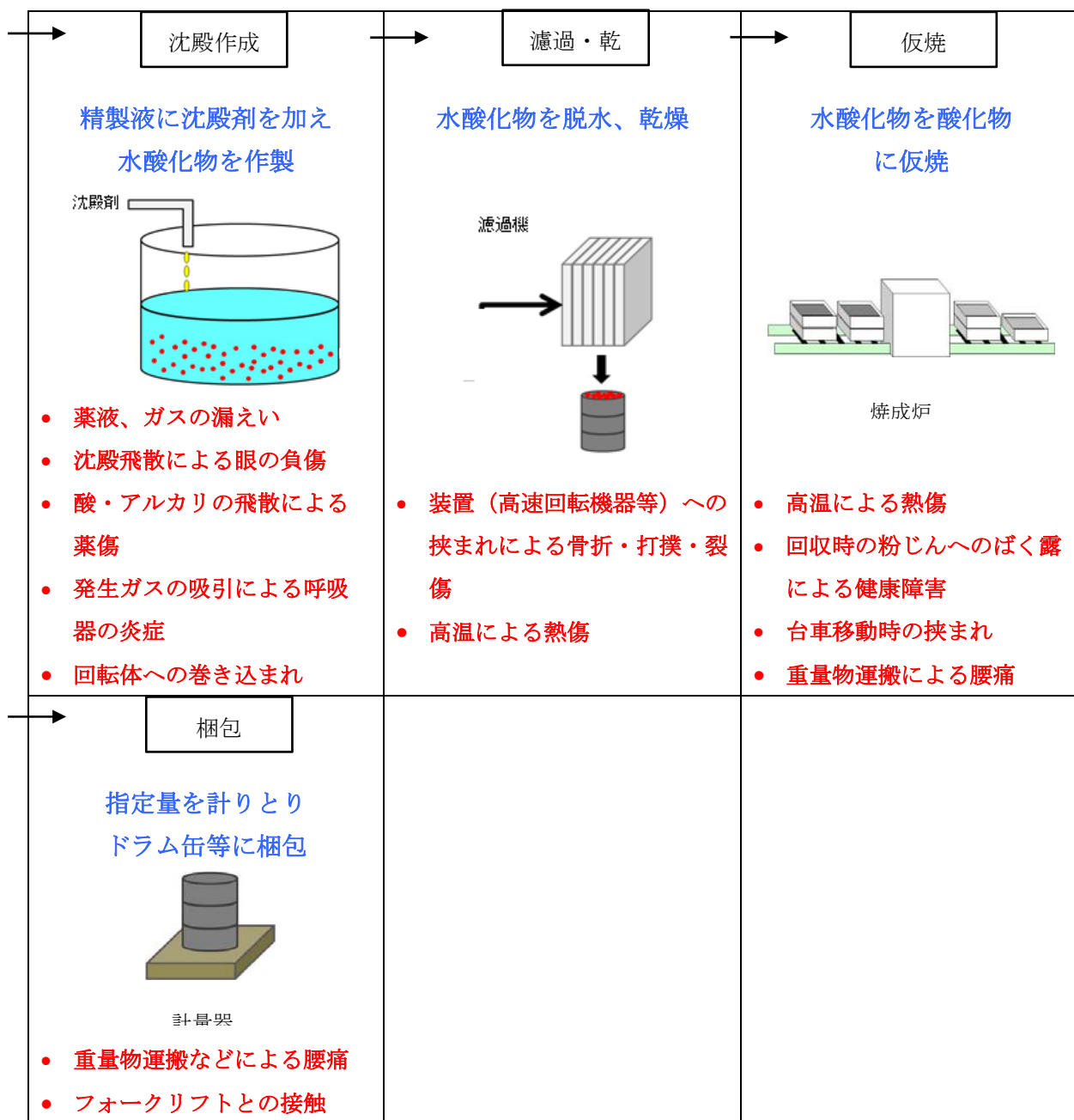
(2) タンタル製造の安全確保に当たって

タンタル製造業は、「タンタル酸化物・炭化物製造」と「タンタル粉製造」に大別され、製造フローは〔図Ⅱ-6-1〕と〔図Ⅱ-6-2〕、および〔図Ⅱ-6-3-1〕と〔図Ⅱ-6-3-2〕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タンタル取り扱いにおける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。

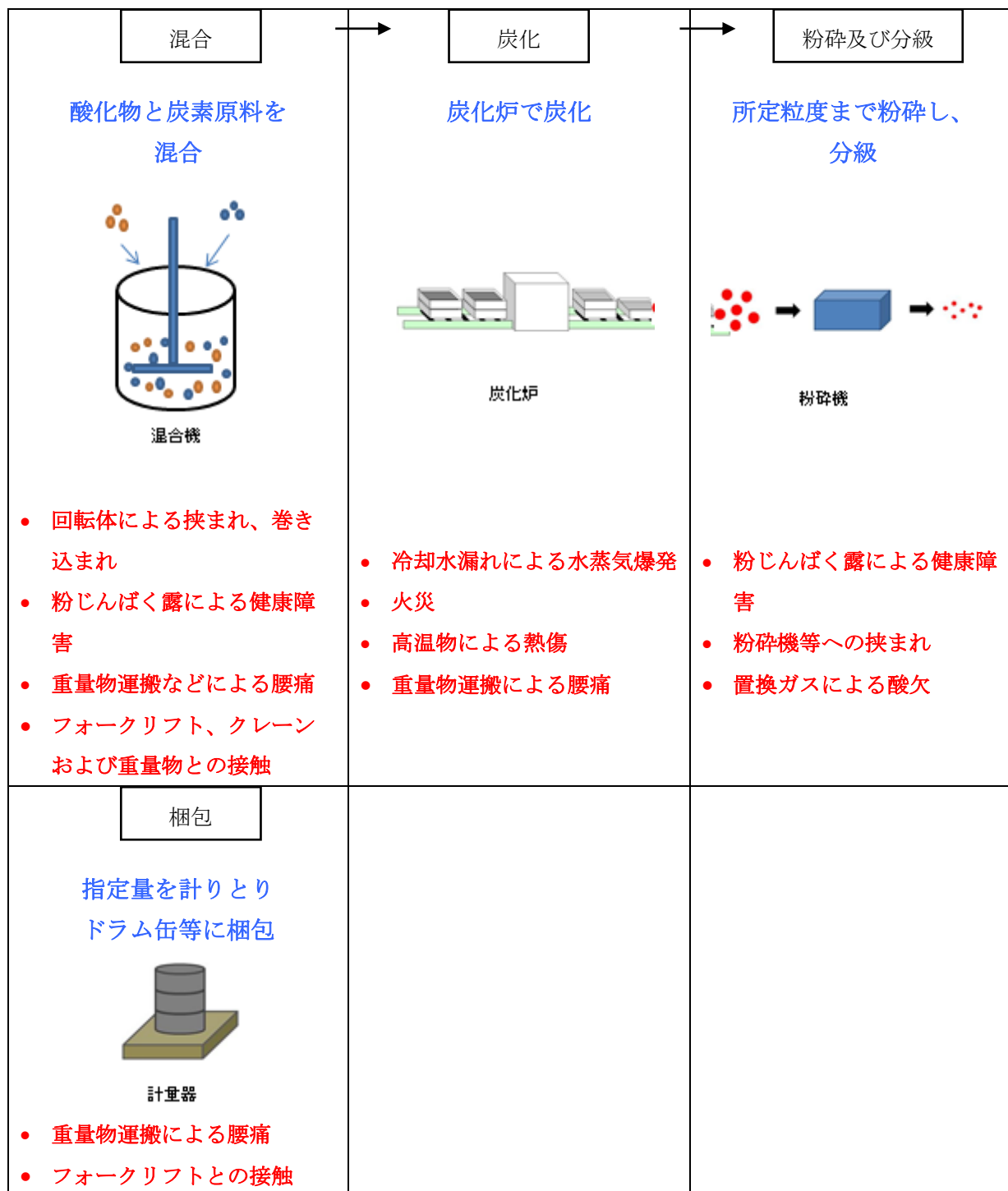
- ① タンタル製造業における保安事故および労働災害について事故事例等の掘り下げを行い、安全性の向上を図る。
- ② 事故事例およびリスクの収集、統計処理、解析を実施し、それらに対し安全教育等の対策を実施する。
- ③ タンタル部会において実施した安全性の向上について、他部会活動同様に協会内で横展開を図る。

※赤字は各工程で想定されるハザード



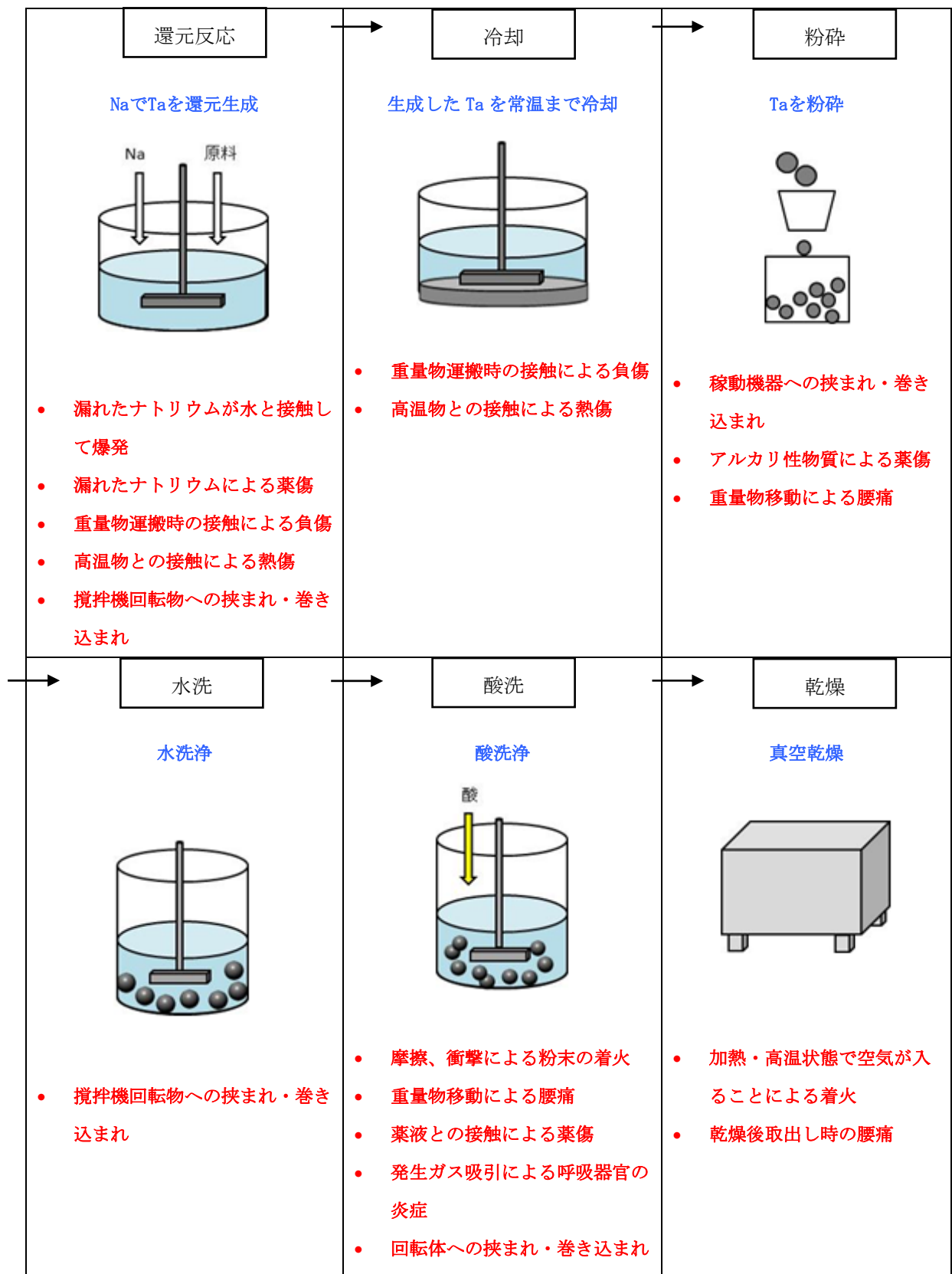


[図Ⅱ-6-1 タンタル酸化物製造フローとハザード]

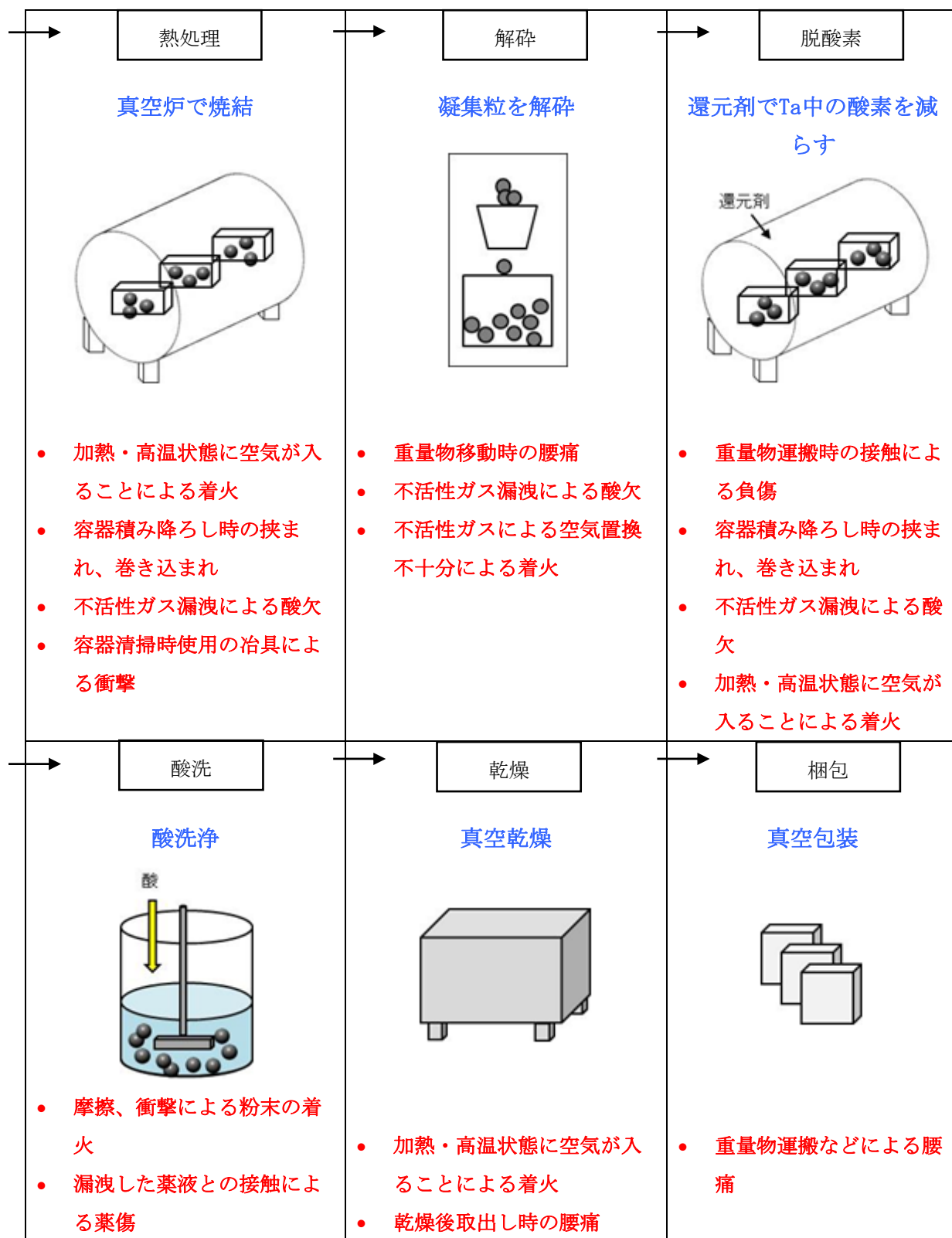


[図Ⅱ-6-2 タンタル炭化物製造フローとハザード]

タンタル粉製造はタンタルフッ化物から金属タンタル粉を製造するものである。タンタルフッ化物を還元して金属タンタルを生成し、水洗、酸洗にて不純物を除去した後、熱処理、脱酸素処理を行ってキャパシター用製品粉末とする流れとなっている。



〔図Ⅱ-6-3-1 タンタル粉製造フローとハザード〕



[図Ⅱ-6-3-2 タンタル粉製造フローとハザード]

（３）潜在危険性（ハザード）と安全対策

これまでの保安事故および労働災害の実態調査、又想定リスクも含めた潜在危険性の解析を踏まえ、各々のタンタル製造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）に対する安全対策を整理した。

タンタル酸化物製造、そしてタンタル炭化物製造では、保安事故よりも労働災害発生のリスクが多く、安全管理と安全教育の両方の対策が中心である。タンタル粉製造では、可燃性のタンタル粉取扱いに対する注意、そして薬剤や作業性に起因したリスクによる労働災害防止のため、やはり、安全管理と安全教育の両方が主となっている。

＊製造フロー [図Ⅱ-6-1] を参照

[表Ⅱ-6-4 タンタル酸化物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	
定常作業	原料粉砕	－	1) 原料取扱い時の切創 2) 粉じんばく露による健康障害 3) 回転体への巻き込まれ	安全教育(保護具、作業方法、危険性に関する教育)
	溶解	1) 薬液、ガスの漏えい	1) 酸の突沸、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	安全管理(設備点検) 安全教育(作業手順書の徹底)
	抽出	1) 薬液・ガスの漏えい 2) 可燃ガス引火による爆発 3) 火災	1) 酸の飛散による薬傷 2) 発生ガスの吸引による炎症 3) 有機溶剤に引火し火傷	安全教育(保護具、作業方法、危険性に関する教育)
	沈殿作製	1) 薬液、ガスの漏えい	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	安全管理(設備点検) 安全教育(保護具、作業方法、危険性に関する教育)
	ろ過・乾燥	－	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) 高温による熱傷	安全教育(作業手順書の徹底)
	仮焼	－	1) 高温による熱傷 2) 回収時の粉じん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(作業手順の徹底)
	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(作業方法)

工程		潜在危険性（ハザード）		安全対策
		保安事故	労働災害	
非 定 常 作 業	メンテ	1) 薬液、ガスの漏えい	1) 反応槽内での酸素欠乏 2) 不適切な工具の使用	安全教育(手順書教育) 安全管理(設備)(工具)、安全教育
	清掃	－	1) 転倒、挟まれ 2) フォークリフト、クレーンおよび重量物との接触 3) タンク残液と接触	安全教育(作業手順の徹底)
	その他 (移動中、運搬中等)	1) 薬液、ガスの漏えい	1) 転倒、挟まれ 2) フォークリフト、クレーンおよび重量物との接触 3) 酸・アルカリの飛散による炎症 4) 固体の飛散による炎症 5) 粉じんばく露による健康障害 6) 発生ガスによる健康障害 7) 高温物との接触による火傷 8) 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 9) 重量物運搬	安全管理(設備)(通路、器具) 安全教育(操作手順の再教育, 作業手順の徹底, 重量物運搬の再教育) 安全管理(監督職不在時の作業方法の徹底)

＊製造フロー〔図Ⅱ-6-2〕を参照

〔表Ⅱ-6-5 タンタル炭化物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	
定常作業	混合	－	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) 回転体による挟まれ、巻き込まれ	安全教育(手順書の徹底)
	炭化	1) 火災 2) 水蒸気爆発	1) 高温物による熱傷 2) 重量物運搬による腰痛	安全教育(作業手順の徹底、爆発危険性)
	粉碎・ 分級	1) 粉碎機等への挟まれ 2) 粉じんばく露による健康障害 3) 置換ガスによる酸欠	1) 粉碎機等への挟まれ 2) 粉じんばく露による健康障害 3) 置換ガスによる酸欠	安全管理(集塵環境整備、保護具着用の徹底)
	梱包	－	1) 重量物運搬による腰痛 2) フォークリフトとの接触	安全教育(作業方法)
非定常作業	メンテ	－	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(手順書教育)
	清掃	1) 火災	1) 粉じん曝露による健康被害 2) 高温物による熱傷	安全管理(マニュアル) 安全教育(作業手順の徹底)
	その他 (移動中、運搬中等)	－	1) 転倒、挟まれ 2) 高所からの落下 3) 粉じんばく露による健康障害 4) 高温物との接触による火傷 5) 切れこすれ、激突、墜落転落、挟まれ巻き込まれ、飛来落下	安全管理(炉のカバー、点検順路の徹底)

＊製造フロー〔図Ⅱ-6-3-1〕及び〔図Ⅱ-6-3-2〕を参照

〔表Ⅱ-6-6 タンタル粉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	
定常作業	還元反応	1) 漏れたナトリウムが炉冷却水と接触して爆発	1) 重量物運搬時の接触による負傷 2) 高温物との接触による熱傷 3) 反応容器・配管から漏洩した化学物質との接触 4) 攪拌機回転物への挟まれ・巻き込まれ	安全管理(マニュアル)(ナトリウム供給配管、炉冷却配管の漏れチェック) 安全管理(設備)(配管ルート分離、耐震補強) 安全教育(危険物の発火・爆発危険性) 安全教育(重量物運搬、化学物質の危険性、保護具) 安全管理(設備)(定期点検、保護カバー)
	冷却	－	1) 高温物との接触による熱傷 2) 重量物運搬時の接触による負傷	安全教育(危険性認識)
	粉碎	－	1) 稼動機器への挟まれ・巻き込まれ 2) 重量物移動による腰痛	安全教育(危険性認識) 安全教育(作業姿勢、体操、腰痛ベルト着用)
	水洗	－	1) 攪拌機回転物への挟まれ・巻き込まれ	安全管理(設備)(定期点検、保護カバー) 安全教育(危険性認識)
	酸洗	1) 摩擦、衝撃による粉末の着火	1) 薬液との接触による薬傷	安全管理(設備)(実投入量モニター、定期点検、保護カバー) 安全教育(危険性認識及び指定保護具着用)
	乾燥	1) 加熱・高温状態に空気が入ることによる着火	1) 容器積み降ろし時に腰を痛める	安全管理(設備)(バルブ二重化、空気混入時不活性ガス封入) 安全教育(危険性認識) 安全教育(作業姿勢、体操、腰痛ベルト着用)
	熱処理	1) 加熱・高温状態に空気が入ることによる着火	1) 容器積み降ろし時の挟まれ、巻き込まれ 2) 不活性ガス漏洩による酸欠 3) 容器清掃時使用の治具による衝撃	安全管理(設備)(バルブ二重化、空気混入時不活性ガス封入) 安全教育(危険性認識、作業方法確認) 安全管理(設備)(定期点検、酸素濃度計)

工程		潜在危険性（ハザード）		安全対策
		保安事故	労働災害	
非 定 常 作 業	解砕	－	1) 重量物移動による腰痛 2) 不活性ガス漏洩による酸欠 3) 不活性ガス置換不十分による着火	安全教育(作業姿勢、体操、腰痛ベルト着用) 安全教育(危険性認識) 安全管理(設備)(定期点検、酸素濃度計)
	脱酸素	1) 加熱・高温状態に空気が入ることによる着火	1) 重量物運搬時の接触による負傷 2) 不活性ガス漏洩による酸欠	安全管理(設備)(バルブ二重化、空気混入時不活性ガス封入) 安全教育(危険性認識) 安全管理(設備)(定期点検、酸素濃度計)
	酸洗	1) 摩擦、衝撃による粉末の着火	1) 漏洩した薬液との接触による薬傷	安全管理(設備)(実投入量モニター、定期点検、保護カバー) 安全教育(危険性認識及び指定保護具着用)
	乾燥	1) 加熱・高温状態に空気が入ることによる着火	1) 容器積み降ろし時に腰を痛める	安全管理(設備)(バルブ二重化、空気混入時不活性ガス封入) 安全教育(危険性認識) 安全教育(作業姿勢、体操、腰痛ベルト着用)
	梱包	－	1) 重量物運搬などによる腰痛	安全教育(作業姿勢、体操、腰痛ベルト着用)
	集塵	1) 静電気による可燃集塵物の着火		安全管理(マニュアル)(局所排気配管定期点検)
非 定 常 作 業	回収・リサイクル	1) 加熱・高温物との接触による回収品の着火		安全管理(プロセス)(乾燥廃止、スラリー状態取り扱い)
	清掃・メンテナンス	1) 工事の火花による粉末の着火 2) 吸引式清掃機での清掃時等の静電気による粉末の着火		安全教育(工事関係者への作業方法、危険性に関する教育) 安全管理(作業時漏れこぼれへの対応、対策) 安全教育(適切な治具使用及び作業前危険予知の再教育)

(4) タンタル製造業における安全対策の推進

これまでのタンタル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、より一層の安全確保の充実を図るため、以下の施策を今後推進することとする。

① タンタル製造業各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、社内での安全対策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

2005 年から2019 年までの15 年間の事例分析から得られた傾向、知見を、社内の安全対策推進に利用すると共に、今後も、競争法に抵触しない範囲で、各社のタンタル製造に関する安全情報については共有化を図ることとする。その中で、労働災害の雇用形態及び経験年数の解析から得られた結果を踏まえ、外部・派遣社員の初期教育において、教育内容、方法の見直しや、KYT、ヒヤリハット等の一層の充実を図っていく。

(5) P D C Aによる改善実績

P D C Aサイクル継続のため、次の活動を実施している。

- ・安全衛生コンサルタントや産業医による巡視とコンサルティング
- ・安全マネジメントシステム(OHSAS18001)運用と第三者監査による評価など
- ・リスクアセスメント活動により出された勧告事項への対処
- ・管理職による職場巡視で確認された是正項目への対処
- ・I S Oに関する監査およびユーザー監査等で指摘された事項への対処
- ・労働基準監督署の立ち入り時に指摘された事項への対処

(6) タンタル製品の使用上の注意事項

本活動を通じた、新金属協会会員企業へのタンタル製品に関する情報活用の促進を図るものとして、タンタル製品の使用上の注意事項を以下にまとめた。安全への取組みに資するものとして利用頂ければ幸いである。

取扱いには、下記の点に注意をしてください。

- ① 吸い込まないように、マスクを着用してください。
- ② 食べたり、飲んだりしないでください。
- ③ 眼に入らないように、保護眼鏡を着用してください。
- ④ 手袋、適切な保護衣を着用し、体に付着させないようにしてください。
- ⑤ 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。

- ⑥ 保管容器には、必ず製品名（もしくは化学物質名）を記載したラベルを貼付して、内容物の特定ができる様にしてください。
- ⑦ 保管の際は、容器を密閉して換気のよい場所で保管をしてください。
- ⑧ 廃棄する場合は、内容物、容器を都道府県の許可を受けた専門の廃棄物処理業者に業務委託をしてください。
- ⑨ 微細に粉砕されたものは、熱、火花、裸火等着火源から離して保管して下さい。80℃以上に加熱された場合には自然発火する可能性があります。また、静電気、衝撃によっても着火する可能性があります。機器の静電予防を図り、掃除機を使用する際は金属粉じん用に設計された機種を使用し、合成ブラシや圧縮空気は使用しないでください。
- ⑩ 燃えているタンタルには水を接触させないで下さい。金属火災用消火剤、或いは不活性ガスによる消火を行ってください。

7. タンタル製造業者としての取組み（フォローアップ）

2016 年より、本委員会委員会社であるタンタル製造メーカー 2 社は、災害防止対策に関する行動計画の策定とタンタル製造および使用上の注意事項を作成、周知徹底し、保安事故および労働災害防止に向けた諸施策を実施してきた。

しかし、経験年数の浅い作業者の被災が多いことからタンタル製造業者としては、安全管理（設備）および安全教育の更なるフォローアップが必要という認識で一致した。そこで 2005～2018 年、2019 年の事例および新たな課題に対する 2020 年度における各社取組みの中から事例を紹介する。

（1）タンタル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

タンタル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のため、次の対策を実施した。

① 安全管理（設備）

- ・新規設備や改造時の安全審査（セーフティーアセスメント）
- ・老朽化設備の計画的な更新
- ・労働災害現場の設備対策についてフォローアップ（安全巡視、監査）

② 安全管理（マニュアル）

- ・安全教育マニュアル、作業標準書等の見直し（定期、随時）
- ・作業の安全パトロール（安全衛生委員会、労使、安全環境室）（1 回/月）

③ 安全教育

- ・階層別教育の実施（雇入れ教育、業者入講教育）
- ・未熟練者フォロー教育の実施（新人教育、設備構造教育、安全研修）
- ・管理監督職安全衛生教育（法令、ベーシックスキル研修、資格取得）
- ・安全教育の強化（非常停止スイッチの取扱い教育）
- ・一般職安全衛生教育（基本ルール、手順書教育、資格取得）
- ・リスクアセスメント実績研修受講
- ・危険体感教育、防災訓練、避難訓練、消火訓練、AED講習会など

④ 危険性知識の習得

- ・化学物質のリスクアセスメント

⑤ 作業環境の改善

- ・特定化学物質、粉塵、有機溶剤、騒音などの作業環境測定

（2）労働災害事例の分析、その他安全情報の共有化

他事業所で発生した災害について、災害速報および災害分析表を全事業所に配信した。また、類似災害発生を防ぐため、その可能性（リスク）を評価の上、必要に

応じて安全対策の水平展開（設備及び作業手順等の確認と是正）を実施した。

（３） リスクアセスメント活動（化学物質含む）

潜在的危険性や有害性へ対応するため次のリスクアセスメント活動を実施した。

- ・危険源を網羅的に抽出し重篤な災害に繋がる「重大なリスク」対策に取り組む
- ・外部講師によるリスクアセスメントスキルのレベルアップを実施
- ・リスク対策は、まず本質安全化（ハード対策）に取り組み、もしできなければ安全な作業方法の手順書作成と重点管理に取り込むこととし、２段階で実施。
- ・個別作業の危険度評価結果に応じた手法（Hazop、What-if、Checklist）による問題個所の抽出と対処の実施。

（４） 安全文化醸成に向けた取り組み

安全文化醸成に向け、次の活動を実施した。

- ・朝礼、月例安全巡視等で声掛けを積極的に行い、コミュニケーションを密にして、現場作業員総員を安全活動に参画させることで、安全意識向上を目指す。
- ・安全行動調査結果などを参考にして、個人安全スローガン宣言を行う
- ・安全表彰制度（１年間無事故・無災害、従業員全員対象とした功労金）

（５） 経営トップ等の強い関与

経営トップ等に強く関与していただくため、次の活動を実施した。

- ・経営幹部（工場幹部や本社幹部など）による安全パトロールや安全巡視（１回/月）
- ・本部長による災害現地確認。
- ・本社による安全環境監査（１回/年）と安全巡視（１回/年）の実施。
- ・リモートによる安全巡視の検討

（６） 危険体感教育・設備

危険体感教育のための設備として、次の施設を運用・利用している。

安全体感研修センター（危険体感・体験教育）

- ・設備：安全帯衝撃体感、重量物落下体感、回転体巻き込まれ体感、玉掛け作業挟まれ体感、フランジナット緩め体感、感電体感など
- ・内容：社内専門講師による過去の事故事例の教訓を生かした安全教育
- ・対象：全従業員

また、リフレッシュ教育による危険感度の維持に加えて、マンネリ化防止及び、さらなる危険感度向上を目的に、外部の受講希望者を受け入れ可能な研修センターについて、教育内容の確認を含めたリサーチを進めることとしている。

8. ターゲット製造業における保安事故・労働災害の実態と安全対策

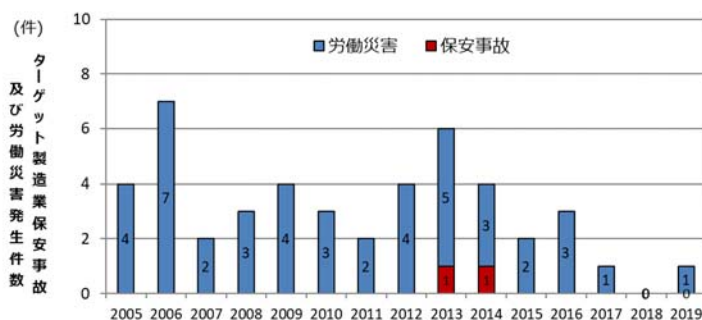
(1) 保安事故・労働災害の発生状況

2020 年度は前回までの 14 年間の調査分に 2019 年の 1 年分を追加し 15 年間のデータについて分析を行った。保安事故および労働災害の事例を[別表 7]および[別表 8-2]にそれぞれ示す。統計・整理の母数となる事故事例件数は、保安事故の 2 件と労働災害の 44 件を合わせた 46 件である。災害事例に加え、各工程における想定リスクを[別表 7] および [別表 8-1]に記載した。

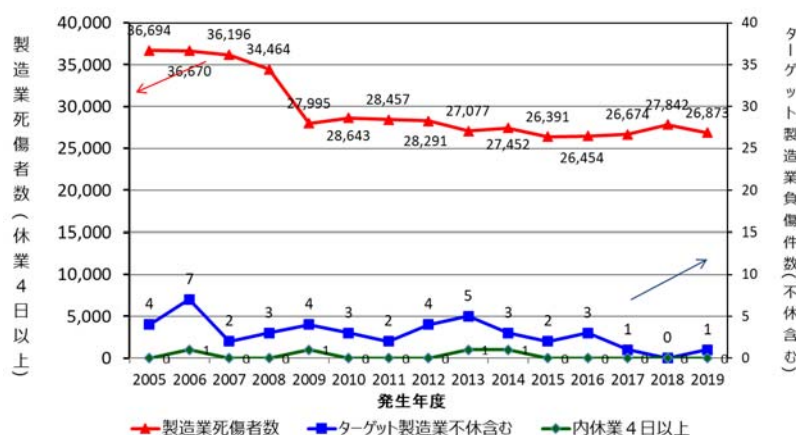
① 保安事故・労働災害の発生状況（2005 年～2019 年）

ア) 年別「保安事故」「労働災害」発生件数および死傷者数（[図Ⅱ-8-1][図Ⅱ-8-2]参照）

まず、年別発生件数については過去 15 年間で平均 3.1 件であり、各年の発生件数には凸凹があるが、総じて横ばいからやや減少方向に向かっている。死亡災害も発生していない。ターゲット全体の市場規模は伸びていることから、原単位ベースでの災害発生率も減少傾向である。



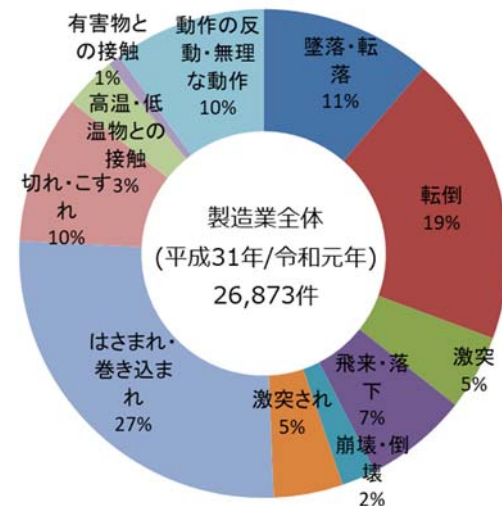
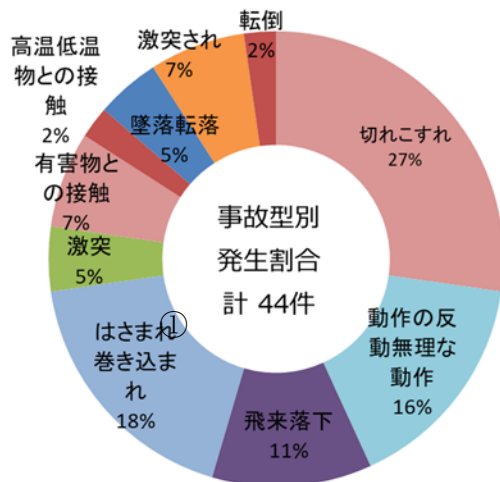
[図Ⅱ-8-1 年別「保安事故」および「労働災害」の発生件数（2005 年～2019 年）]



[図Ⅱ-8-2 発生年別死傷者数（2005 年～2019 年）]

イ) 事故型別「保安事故」および「労働災害」発生割合（〔図Ⅱ-8-3〕〔図Ⅱ-8-4〕参照）

事故型別発生割合については、保安事故では火災が2件で、労働災害では、切れこすれ、動作の反動・無理な動作、飛来落下、挟まれ巻き込まれの上位4種類で全体の70%以上を占め、全製造業においても、建設業に多い墜落・転落や転倒を除くと、上記4つは高い比率になり、この傾向は近年継続している。



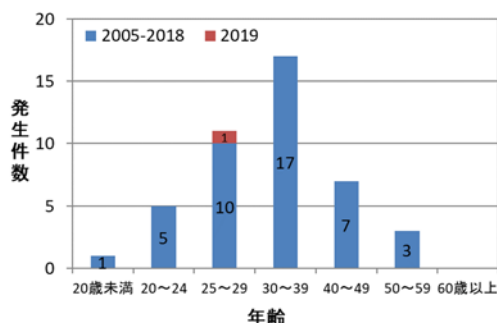
引用：厚生労働省「業種、事故の型別死傷災害発生状況（令和元年）」

〔図Ⅱ-8-3 ターゲット製造業の事故型別発生割合（2005年～2019年）〕

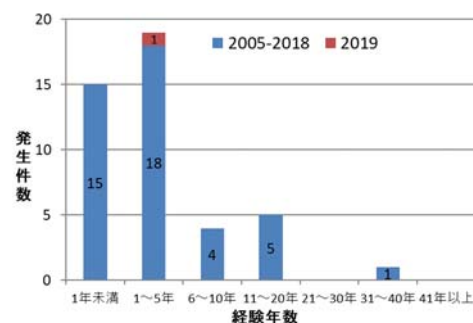
〔図Ⅱ-8-4 国内全製造業の事故型別死傷災害発生割合（2019年単年）〕

ウ) 年齢および経験年数別労働災害負傷者数（〔図Ⅱ-8-5〕〔図Ⅱ-8-6〕参照）

経験年数別死傷者数については、中堅年齢層で経験年数の少ない作業員が高い割合を占める。新人や配置転換者への導入教育の強化と、作業経験の少ない作業員とともに、やや慣れてきた作業員への継続的な安全教育が重要である。



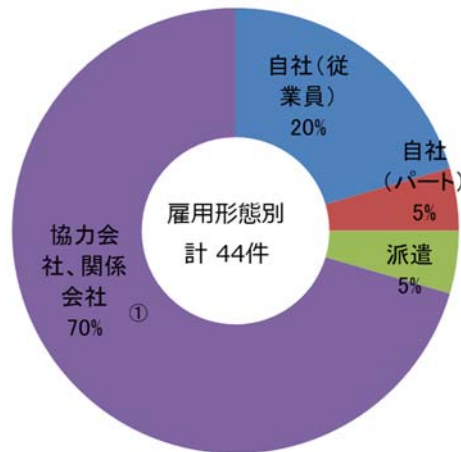
〔図Ⅱ-8-5 年齢別労働災害負傷者数（2005年～2019年）〕



〔図Ⅱ-8-6 経験年数別労働災害負傷者数（2005年～2019年）〕

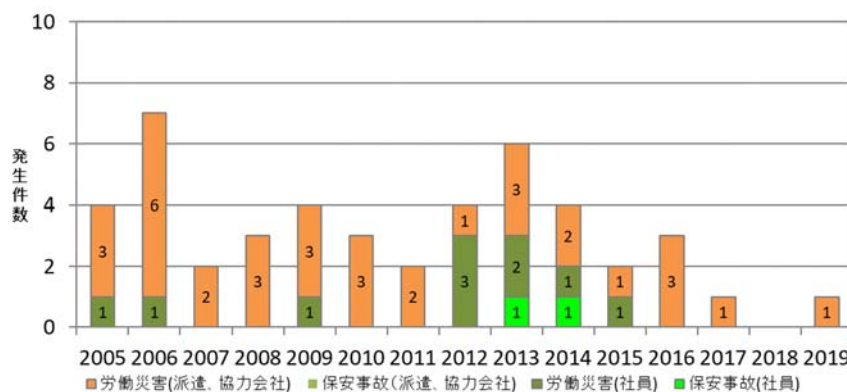
エ) 雇用形態別「労働災害」発生割合（〔図Ⅱ-8-7〕〔図Ⅱ-8-8〕参照）

雇用形態別発生割合について、ターゲット製造業においては過去 15 年間で協力会社や関係会社の災害比率が全体の 7 割を占める。事業所内において関係会社や協力会社における安全教育の徹底が必要とされる。



〔図Ⅱ-8-7 雇用形態別負傷者数割合（2005 年～2019 年）〕

※丸数字は 2019 年の発生件数



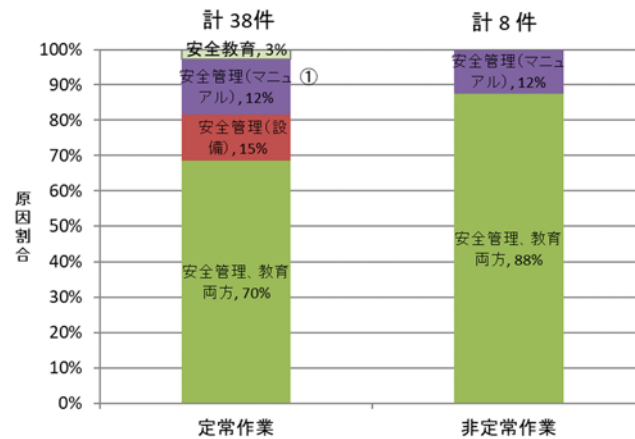
〔図Ⅱ-8-8 雇用形態別「保安事故」および「労働災害」における負傷者数推移（2005 年～2019 年）〕

オ) 原因別「保安事故」および「労働災害」発生割合（〔図Ⅱ-8-9〕参照）

原因別発生割合については、安全教育と安全管理の両方の対策が必要なものが、定常作業と非常作業ともに 70%を超え一番高い割合を占めている。単純作業よりも人の判断が必要な作業が多いことが原因の一つと考えられ、作業方法や治具の改善とともに、マニュアルの整備が不可欠である。教育面では、作業環境に見合った安全教育（作業手順、保護具着用、KYT、危険体感教育等）を繰り返し実施するとともに、過去事例を参考にした再発防止のための教育が必要である。

設備の不具合やプロセスに起因した設備上の災害については、2019 年も発生し

ていないが、大きな設備事故を未然に防ぐために、新規設備導入時や工程変更時のセーフティーアセスメントを確実にを行い、抽出されている工程別の想定リスク調査結果や個別のリスクアセスメントの結果も含めて安全対策を行うことで、災害予防や作業・設備の本質安全化を目指すことが望まれる。



〔図Ⅱ-8-9 原因別「保安事故」および「労働災害」発生割合（2005 年～2019 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

製造プロセスフローは金属溶解法と粉末冶金法に分けられるため、定常作業は各フローに分け、非定常作業は共通として分析を行い、工程別、事故型別の保安事故・労働災害発生状況を〔表Ⅱ-8-1〕および〔図Ⅱ-8-10〕に示す。

ターゲット製造工程での保安事故は過去 15 年で 2 件発生した。大災害につながるような粉塵爆発や火災は発生していないが、反応性の高い粉塵火災の取り扱いには引き続き注意が必要である。その他、老朽化設備の電気火災等に備えた予防処置は引き続き必要と考えられる。

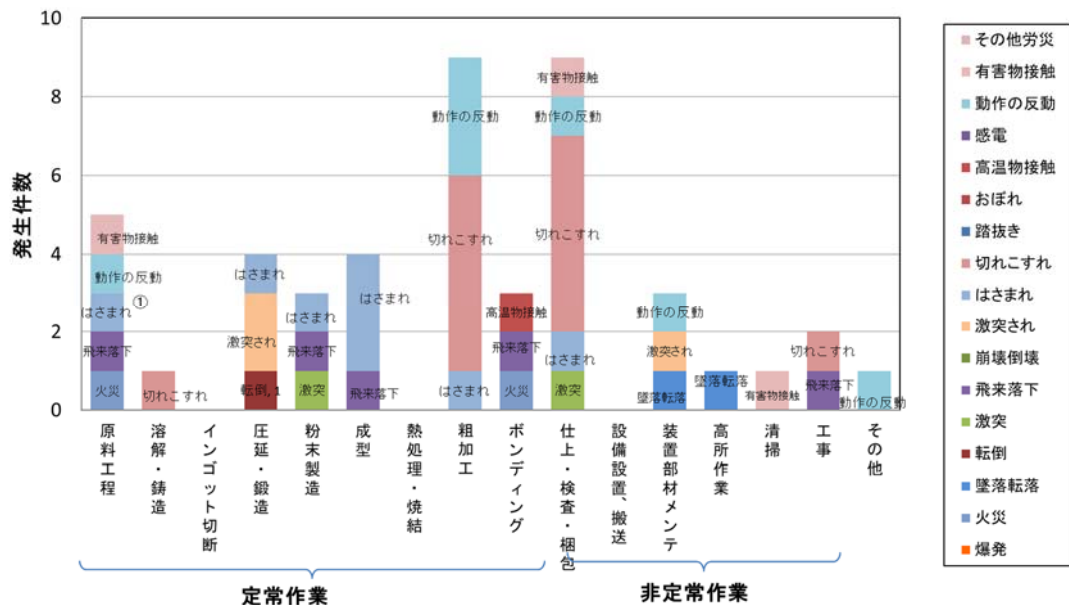
労働災害に関しては、金属溶解法では、2019 年はハンマー殴打によるはさまれ事故が発生した。形状が必ずしも一定ではない原料の取り扱いにおける工具による災害は複数回発生しており、作業手順、保護具の適正化とともに、マニュアルの整備、危険予知などの対策が今後とも必要である。一方、粉末冶金法では、大型のターゲットを扱うケースがあることから、挟まれ・巻き込まれや飛来落下が多く、2016 年に挟まれ災害が 2 件発生している。ターゲット製品の生産は対象顧客ごとに材料組成や形状が異なる多品種少量生産であり、設備自動化が進めにくく、手作業に依存する工程が多いことも設備的な恒久対策が手遅れになる一因と考えられる。このような分析から、安全教育や作業者の危険感受性を高める活動の継続がこれからも重要である。

[表Ⅱ-8-1 ターゲット製造事故型発生件数（2005年～2019年）]

	災害分類	保安事故		労働災害														小計	中計
作業分類	工程名	爆発	火災	墜落転落	転倒	激突	飛来落下	崩壊倒壊	激突され	はさまれ 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	無理な動作 の反動	動作の反動 接触		
定常作業（溶解）	原料		1				1			1						1	1	5	24
	溶解・鋳造										1							1	
	インゴット切断																	0	
	圧延・鍛造				1				2	1								4	
	粗加工									1	4					3		8	
	ボンディング																	0	
	仕上・検査・梱包										4					1	1	6	
定常作業（粉末）	原料																	0	14
	粉末製造					1	1			1								3	
	成型						1			3								4	
	熱処理・焼結																	0	
	粗加工										1							1	
	ボンディング		1				1							1				3	
	仕上・検査・梱包					1				1	1							3	
非定常	設備設置・搬送																	0	8
	装置部材メンテ			1					1							1		3	
	高所作業			1														1	
	清掃																1	1	
	工事						1				1							2	
	その他															1		1	
	小計	0	2	2	1	2	5	0	3	8	12	0	0	1	0	7	3	合計 46	
中計	2																		

※ 黄色塗りつぶしセルは、想定リスクを示したものの。

（[別表 7]および[別表 8-1, 2]参照）



[図Ⅱ-8-10 ターゲット製造工程 工程別事故型発生件数（2005年～2019年）]

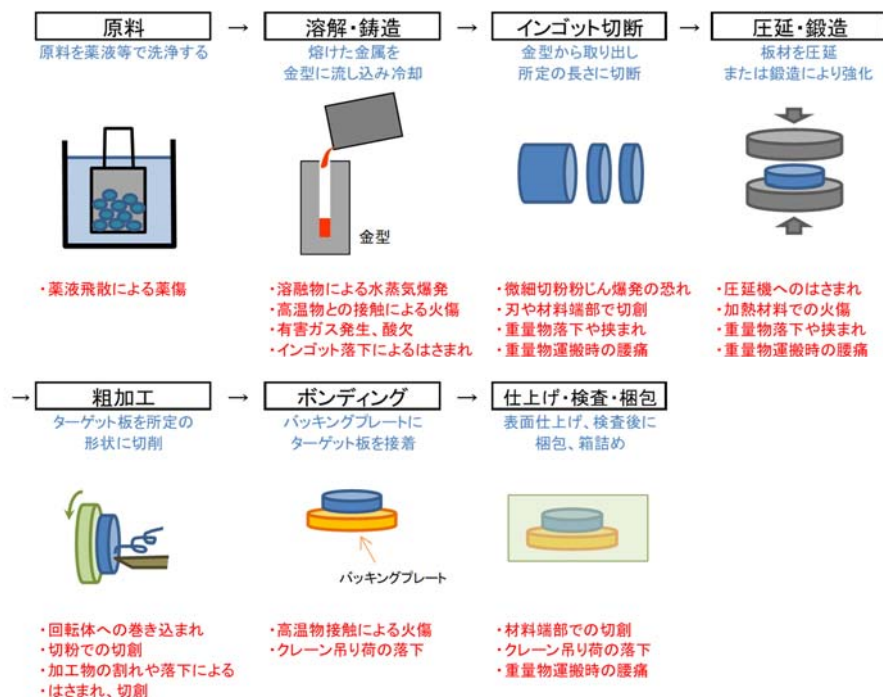
(2) 潜在危険性(ハザード)と安全対策

LSI や液晶パネル等のスパッタリング工程に用いられるターゲット製造には、そ

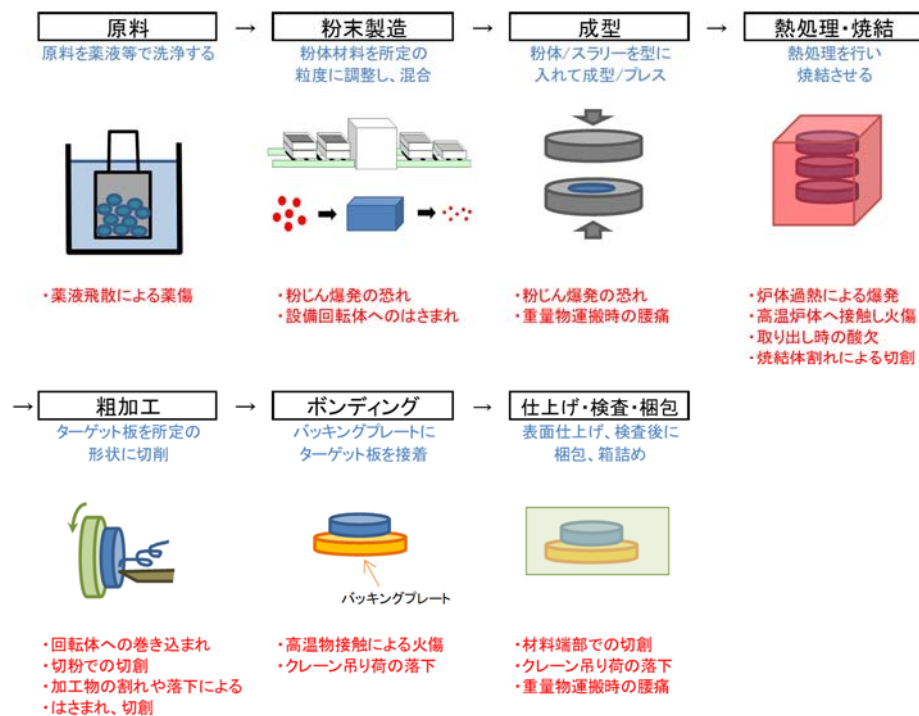
の製造方法により「金属溶解法」と「粉末冶金法」に大別される。以下に製造フローと関連づけられる潜在危険性（ハザード）を簡単に紹介し、後半部分で工程別や定常・非定常作業に分類した潜在危険性（ハザード）の一覧表とその特徴を示す。

まず「金属溶解法」製造フローと関連する主な潜在危険性（ハザード）を[図Ⅱ-8-11]に示す。まず洗浄・精製処理した金属系原料を高温で溶解し、インゴットの形に鑄造する。所定厚さに切断し、圧延や鍛造工程を経て、最終形状になるよう切削加工する。加工された厚さ 5mm～20mm 程度の板材は、スパッタ装置に取り付けるための銅製などのバックングプレートと呼ばれる取り付け用の板に、ろう材や圧着法にて接着（ボンディング）され、仕上げ・検査、梱包工程を経て出荷される。

次に、酸化物や高融点金属製品では「粉末冶金法」製造フローが用いられるが、製造フローと関連する主な潜在危険性（ハザード）を[図Ⅱ-8-12]に示す。まず粉体製造工程により数～数十ミクロンのサイズの粉体を製造し、酸化熱処理(焙焼)など粉体での処理を行ったのち、加圧成型や熱処理工程（焼結）を経て、所定の板材または円筒形状に切削加工される。後半は金属溶解法と同様に、バックングプレートにボンディングされ、仕上げ・検査・梱包工程を経て出荷される。



[図Ⅱ-8-11 ターゲット製造フローと主な潜在危険性（ハザード）（金属溶解法）]



[図Ⅱ-8-12 ターゲット製造フローと主な潜在危険性（ハザード）（粉末冶金法）]

ターゲット製造プロセスにおける工程別の潜在危険性（ハザード）に対する主な安全対策を [表Ⅱ-8-2]～[表Ⅱ-8-4]に整理した。

工程に起因する潜在危険性（ハザード）の観点からは、特に可燃性の粉体処理における粉じん爆発や火災には十分な注意が必要である。また重量物の搬送において搬送設備（自動化、搬送支援）の導入と保全を適切に行うとともに、重量物作業に関する作業手順や保護具に関する安全教育の徹底が必要である。

また、コバルトやインジウム化合物のような特定化学物質や毒劇物の他、薬液処理において化学薬品等の利用も多いことから、これら有害物を吸入しないよう、リスクアセスメントを行うとともに、法令に基づいた設備導入や作業方法の改善、保護具着用などを実施し、SDS 等を用いた化学物質情報の周知が必須である。

人手による作業が相対的に多いことから、特に新人研修や配置転換時に、経験の少ない作業員に対し、安全教育や危険感受性の教育を徹底することが重要である。これらの潜在危険性（ハザード）情報やその安全対策については、関係会社や協力会社など外部委託先がある場合にも一体となって安全管理情報を共有する必要がある。

[表Ⅱ-8-2 ターゲット製造における潜在危険性（ハザード）と安全対策]（定常作業:金属溶解）

工程		潜在危険性(ハザード)		安全対策
		保安事故	労働災害	
定常作業（金属溶解）	原料工程	－	薬液飛散による損傷	安全教育(作業手順、保護具着用、SDS)
	溶解・鋳造	原料への水分混入等による水蒸気爆発 冷却水未通水による溶解で破裂	高温物との接触による火傷、有害ガスの発生、酸欠 インゴット落下による挟まれや負傷 扉・駆動部に挟まれ、回転体への巻き込まれ	安全管理(設備)(安全装置、安全柵) 安全教育(マニュアル)(異常時の処置) 安全教育(操作手順、メンテ時の装置停止、保護具着用、危険感受性)
	インゴット切断	微細粉じんによる爆発の恐れ	粉じん飛散による眼の負傷 製品材料端部や切断機器による切創 重量物の落下、重量物運搬時の腰痛	安全管理(設備)(安全装置、メンテ時の装置停止) 安全管理(マニュアル)(作業手順、異常時の処置) 安全教育(作業手順、保護具着用)
	圧延・鍛造	－	扉・駆動部(ロール等)への挟まれ、巻き込まれ 高温による熱傷、腰痛 重量物の落下、重量物運搬時の腰痛 搬送機器との接触	安全管理(設備)(安全装置) 安全管理(マニュアル)(メンテ時の装置停止) 安全教育(作業手順、保護具着用)
	粗加工	粉じん爆発、火災の恐れ	挟まれ、粉じん飛散による眼の負傷 製品や切子にて手や指を切る	安全管理(マニュアル)(メンテ時の装置停止) 安全教育(作業手順、保護具着用)
	ボンディング	－	重量物運搬による腰痛 高温による熱傷	安全管理(マニュアル)(作業手順) 安全教育(作業手順、保護具着用)
	仕上・検査・梱包	－	重量物運搬などによる腰痛 フォークリフトとの接触 梱包材作業時の切創	安全管理(設備)(重量物搬送設備) 安全管理(マニュアル)(安全確認、作業手順) 安全教育(作業手順、危険予知、保護具着用)

注) 図Ⅱ-8-11 のフロー図の工程ごとに潜在危険性（ハザード）を整理

[表Ⅱ-8-3 ターゲット製造における潜在危険性（ハザード）と安全対策]（定常作業:粉末冶金）

工程		潜在危険性(ハザード)		安全対策
		保安事故	労働災害	
定常作業 (粉末成型)	原料工程	－	薬液による損傷	安全教育(作業手順、保護具着用、SDS)
	粉末製造	粉じん爆発の恐れ	粉じん曝露による健康障害 メンテ時の激突や挟まれ	安全管理(マニュアル)(化学物質管理、3S) 安全教育(作業手順、保護具着用)
	成型	粉じん爆発の恐れ	粉じん曝露による健康障害 重量物や機器によるはさまれや落下	安全管理(設備)(安全装置、粉塵除去) 安全管理(マニュアル)(化学物質管理、3S) 安全教育(操作手順、保護具着用)
	熱処理・焼結	水分混入等の水蒸気爆発冷却 水未通水による熔解で破裂	高温による熱傷、高所から墜落 扉・駆動部に挟まれ負傷 回転体への巻き込まれ	安全管理(設備)(安全装置、安全柵) 安全教育(マニュアル)(異常時の処置) 安全教育(操作手順、保護具着用、危険感受性)
	粗加工	粉じん爆発の恐れ	挟まれ、粉じん飛散による眼の負傷製 品や切子にて手や指を切る	安全管理(マニュアル)(メンテ時の装置停止) 安全教育(作業手順、保護具着用)
	ボンディング	－	重量物運搬による腰痛 高温による熱傷	安全管理(マニュアル)(作業手順) 安全教育(作業手順、保護具着用)
	仕上・検査・梱包	－	重量物運搬などによる腰痛 フォークリフトとの接触 梱包材作業時の切創	安全管理(設備)(重量物搬送設備) 安全管理(マニュアル)(安全確認、作業手順) 安全教育(作業手順、危険予知、保護具着用)

注) 図Ⅱ-8-12 のフロー図の工程ごとに潜在危険性（ハザード）を整理

〔表Ⅱ-8-4 ターゲット製造における潜在危険性（ハザード）と安全対策〕（非定常作業）

工程		潜在危険性(ハザード)		安全対策
		保安事故	労働災害	
非定常作業	装置部材メンテ	装置大気解放時の粉じん爆発等	部材や工具類の飛来落下 転落、転倒、挟まれ	安全管理(マニュアル)(保全頻度、化学物質物性) 安全管理(設備)(足場、安全柵、装置停止) 安全教育(危険予知、保護具着用)
	高所作業	転落のおそれ	墜落・転落	安全管理(設備)(足場、安全柵) 安全教育(保護具着用、危険感受性)
	清掃	－	堆積粉じんや付着物の発火や有害性	安全管理(マニュアル)(清掃頻度、化学物質物性) 安全教育(危険予知、保護具着用)
	工事	－	転倒、挟まれ	安全管理(マニュアル)(作業計画) 安全教育(操作手順、保護具着用)

(3) 安全対策の推進

これまでのターゲット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（ハザード）および安全対策に関する検討を踏まえ、より一層の安全確保の充実を図るため、以下の施策を推進することとする。

① ターゲット製造業の各プロセスにおける潜在危険性（ハザード）と安全対策の周知徹底

会員会社安全担当者が出席する各部会との情報交換会において、本行動計画を説明し、各社に持ち帰り、社内での安全対策の周知徹底を図ることとする。関係会社や協力会社に作業等を委託する場合においても同様の安全対策の推進を展開する。

② 保安事故、労働災害事例の分析と共有化

2005 年から 2019 年までの 15 年間の事例分析から得られた傾向や知見を社内の安全対策推進に利用するとともに、今後も競争法に抵触しない範囲で、各社のターゲット製造に関する安全情報の共有化を図ることとする。

(4) PDCAサイクルによる改善実績

PDCAサイクル継続のため、次のような活動を実施した。

- ・新規設備及び新規作業導入時にリスクアセスメントを実施し、見直しを定期的に行った。
- ・年間を通して新規リスクアセスメント件数目標を各部署で決めて、毎月進捗を安全衛生委員会の場で確認し管理している。

(5) ターゲット製品の使用上の注意事項

本活動を通じた、新金協協会会員企業へのターゲット製品に関する情報活用の促進を図るため、ターゲット製品の使用上の注意事項を以下にまとめた。安全への取組みに資するものとして利用してもらいたい。

- ① ターゲットに含まれる材料の特性については、必ず事前に安全データシート（SDS）を確認してください。不明点がある場合は、まず専門のメーカーに確認してください。
- ② 重量のある大型ターゲットを梱包材から取り出し、装置への取り付け/取り外し、

収納するなどの作業を行う場合には、法令に基づいた重量物対策や作業手順を順守するとともに、万が一の落下等にも備えた適切な保護具着用を行ってください。また搬送設備を用いる時は、挟まれ等にも十分留意してください。装置メーカーによるメンテナンスのトレーニングが開催されている場合がありますので、参考にしてください。

- ③ ターゲットは専用の梱包容器や通い箱に入れて納入されています。梱包容器は廃棄せずに必ず保管してください。ターゲットを一時保管する場合にもラベルの付いた容器で保管することで、ターゲットの種類が解らなくなったり、保管時のターゲットの破損を防ぐことができます。
- ④ ターゲットのバックングプレートの一部に、高真空を保持するために O リングと接するようなフランジ面があります。この面を傷つけると、真空排気ができなくなりますので、取扱いには十分注意してください。
- ⑤ ターゲットには有害性のある物質が含まれている場合もありますので、むやみに廃棄処分はせず、原則として使用後はメーカー宛てに、納入時の梱包容器に収納して返却してください。返却等の後処理についてわからない場合には、メーカーへご連絡ください。
- ⑥ スパッタ装置内の付着物を機械的に除去したり、清掃により粉塵が発生する作業では、保護メガネや粉塵マスク等の適切な保護具を着用して作業を行ってください。局所排気装置等を使用したり、こまめに清掃するなど、作業環境の維持に努めてください。
- ⑦ 万が一、ターゲットが破損したり、傷付いてしまった時は、破断面が鋭利になり、切創災害に繋がる可能性がありますので、保護具を着用するなど、万全な対策をお願いします。不明点がある場合には、メーカーへご一報ください。

9. ターゲット製造業者としての取組み（フォローアップ）

2016 年度より、本委員会委員会社であるターゲット製造メーカー3 社は、災害防止対策に関する行動計画の策定とターゲット製造および使用上の注意事項／ガイドラインを作成、周知徹底し、保安事故および労働災害防止に向けた諸施策を実施してきた。

しかし、経験年数の浅い作業員の被災が多いことや、非定常作業の災害が多いことからターゲット製造業者として更なるフォローアップが必要という認識で一致した。そこで 2005～2019 年の事例および新たな課題に対する 2020 年度における各社取組みの中から事例を紹介する。内容に関しては一部重複があるものも含まれている。

(1) ターゲット製造プロセスにおける潜在危険性（ハザード）と安全対策の周知徹底

ターゲット製造プロセスにおける潜在危険性（ハザード）と安全対策の周知徹底のため、次の対策を実施した。

① 安全管理（設備）

- ・新規設備や改造時の安全審査（セーフティアセスメント）
- ・既存設備のリスクの再確認。
- ・労働災害現場の設備対策についてフォローアップ（安全巡視、監査）

② 安全管理（マニュアル）

- ・安全教育マニュアル、作業標準書等の見直し（定期、随時）
- ・工事業者安全管理策強化や機械安全推進のため手順書やガイドラインを整備

③ 安全教育

- ・導入教育とフォローアップ教育（3、12、24 ヶ月）実施
- ・安全教育の強化（非常停止スイッチの取扱教育）
- ・防塵マスク着用の確認（マスクチェッカー）
- ・マスクパトロールの実施（1 回/月）
- ・関係会社への教育（衛生講話、安全集会、安全指導会、個別面談など）
- ・協力会社への教育（導入教育、安全パトロール、突発工事対応など）
- ・安全行動調査（中央労働災害防止協会）を実施し、作業員固有の性格や行動様式を把握
- ・リスクアセスメント講習会受講、社内改善活動（安全）発表会
- ・危険体感教育、防災訓練、避難訓練、消火訓練、AED 講習会など

④ 危険性知識の習得

- ・インジウム化合物についての講演会（産業医）
- ・労使による禁煙外来受診の推奨。
- ・化学物質のリスクアセスメント

⑤ 作業環境の改善

- ・特定化学物質、粉塵、有機溶剤、騒音、室温などの作業環境測定

(2) 労働災害事例の分析、その他安全情報の共有化

他事業所で発生した災害について、災害速報および災害分析表を全事業所に配信した。また、類似災害発生を防ぐため、その可能性（リスク）を評価の上、必要に応じて安全対策の水平展開（設備及び作業手順等の確認と是正）を実施した。

一歩間違えば重篤な災害につながるヒヤリハットをヒヤリゾットとして分類し、災害発生と同等な対策を実施した。

(3) リスクアセスメント活動（化学物質含む）

潜在的危険性や有害性へ対応するため、次のリスクアセスメント活動を実施した。

① 潜在的危険性の抽出

- ・危険源を網羅的に抽出し重篤な災害に繋がる「重大なリスク」対策に取り組む。
今年の優先課題としてクレーン災害防止活動を実施。
- ・外部講師によるリスクアセスメントスキルのレベルアップを実施
- ・リスク対策は、まず本質安全化（ハード対策）に取り組み、もしできなければ安全な作業方法の手順書作成と重点管理に取り込むこととし、二段階で実施。

② 化学物質のリスクアセスメント

- ・労働安全衛生法改正に関しては、2016 年 6 月から対応実施。
- ・化学物質のリスクアセスメントについては、安全指導員による講習にて教育を行い、各部署毎に化学物質リスクアセスメント評価表を用いて抽出及び評価が完了。
事務局で内容を確認し、都度、対応。
- ・化学物質の法令改正対応の見逃しなどがないように、化学物質管理システムの改善を実施。

(4) 安全文化醸成に向けた取り組み

安全文化醸成に向け、次の活動を実施した。

① 安全文化醸成

- ・朝礼や安全巡視等で声掛けを積極的に行い、コミュニケーションを密にして、現場

作業員総員を安全活動に参画させることで、安全意識向上を目指す。

- ・安全行動調査結果などを参考にして、個人安全スローガン宣言を行う
- ・職場安全活動、他職場見学会、リスクレベルの削減ポイント目標設定など

② 表彰制度

- ・安全表彰制度（1年間無事故・無災害、従業員全員対象とした功労金）

③ 保安力強化

- ・保安力評価とその向上に関する勉強会への参加

(5) 経営トップ等の強い関与

経営トップ等による強い関与の具現化のため、次の活動を実施した。

① トップパトロールなど

- ・経営幹部（工場幹部や本社幹部など）による安全パトロールや安全巡視
- ・本部長による災害現地確認。
- ・本社幹部による安全環境監査（1回/年）と安全巡視（1回/年）の実施。
- ・リモートによる安全巡視の検討

(6) 外部評価

- ・安全衛生コンサルタントや産業医による現場巡視とコンサルティング。
- ・安全マネジメントシステム(OHSAS18001)運用と第三者監査を受ける。
- ・安全マネジメントシステム ISO45001 切り替えへの対応。

10. 化合物半導体製造業における保安事故・労働災害の実態と安全対策

(1) はじめに

発光ダイオード、フォトダイオードなどの受発光素子やHEMTなどの電子デバイス等に使用される化合物半導体製品(wafer)について、2019年度の実態調査では、製造工程における潜在ハザードを整理し、製造上または取扱い上の留意事項および効果的な安全対策を提供することで、会員企業をはじめ、ユーザーを含む関係者の安全確保に資することを目的とし、以下の活動を実施した。

- ① 化合物半導体製造業における保安事故および労働災害について事態調査を行い実態を把握し、安全性の向上を図る。
- ② 事故事例および想定リスクの収集、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 化合物半導体製品の使用上の注意事項を作成し、潜在的危険性について顧客に注意喚起する。

(2) 保安事故・労働災害の発生状況

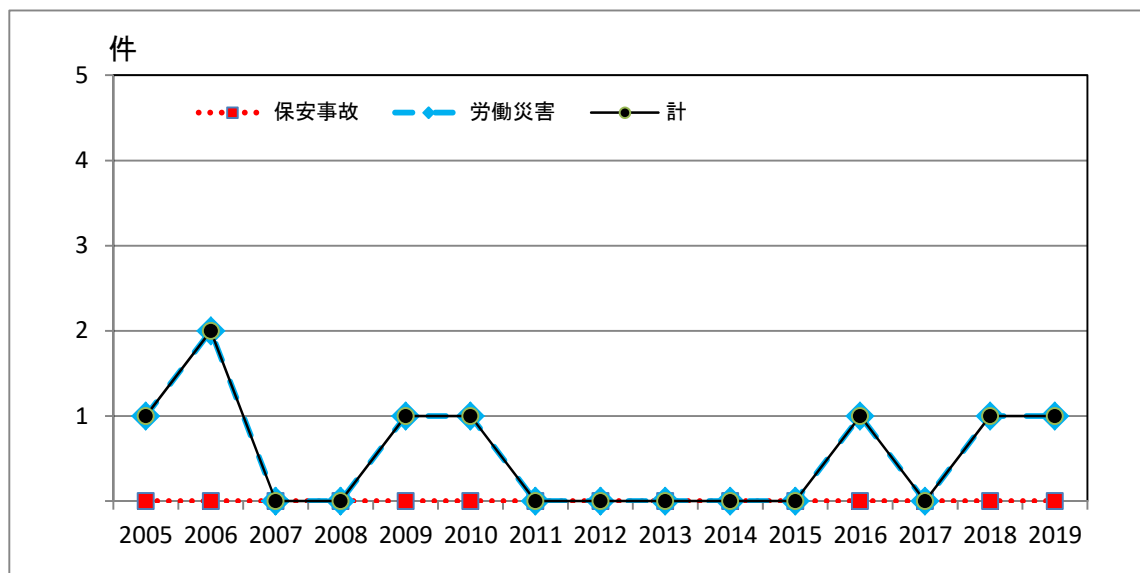
2020年度は、本委員会委員会社であるメーカー3社の2019年度の保安事故・労働災害の実態調査を追加実施したが、発生は1件であった。

①保安事故・労働災害の発生状況（2005年～2019年）

今回収集した、2005年から2019年までの保安事故、労働災害の発生件数と死傷者数は[表Ⅱ-10-1]の通りである。保安事故の発生は0件であり、労働災害のみの発生で計8件であった。死傷者数については0件であった。また、保安事故、労働災害の発生件数の推移については、[図Ⅱ-10-1]に示す通りである。

[表Ⅱ-10-1 発生件数及び死傷者数の推移（2005年～2019年）]

	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
2005年	0件	1件	1件	0件	0件	0件
2006年	0件	2件	2件	0件	0件	0件
2007年	0件	0件	0件	0件	0件	0件
2008年	0件	0件	0件	0件	0件	0件
2009年	0件	1件	1件	0件	0件	0件
2010年	0件	1件	1件	0件	0件	0件
2011年	0件	0件	0件	0件	0件	0件
2012年	0件	0件	0件	0件	0件	0件
2013年	0件	0件	0件	0件	0件	0件
2014年	0件	0件	0件	0件	0件	0件
2015年	0件	0件	0件	0件	0件	0件
2016年	0件	1件	1件	0件	0件	0件
2017年	0件	0件	0件	0件	0件	0件
2018年	0件	1件	1件	0件	0件	0件
2019年	0件	1件	1件	0件	0件	0件
計)	0件	8件	8件	0件	0件	0件



〔図Ⅱ-10-1 発生件数及び死傷者の推移 (2005年～2019年) 〕

②工程別

【労働災害】 [表Ⅱ-10-2]参照

切れこすれ=2件、無理な動作=2件、激突=2件、落下/激突され/切れ=1件、高温低温物との接触1件の、合計8件であった。

工程別には、単結晶工程=3件、その他=2件、加工=2件となった。単結晶工程が半分を占めた。

〔表Ⅱ-10-2 労働災害の工程別事象の内訳 (2005年～2019年) 〕

	単結晶 製造	加工	その他	計
転落	0件	0件	0件	0件
激突	1件	1件	0件	2件
挟まれ巻き込まれ	0件	0件	0件	0件
落下/激突され/切れ	1件	0件	0件	1件
切れこすれ	1件	1件	0件	2件
無理な動作	0件	0件	2件	2件
高温低温物との接触	0件	1件	0件	1件
転倒	0件	0件	0件	0件
有害物との接触	0件	0件	0件	0件
その他	0件	0件	0件	0件
計)	3件	3件	2件	8件

③工程別の間接要因

【労働災害】 [表Ⅱ-10-3]参照

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つに分類して整理した。安全管理(設備)=3件、安全管理(マニュアル)=2件、安全教育=2件となった。

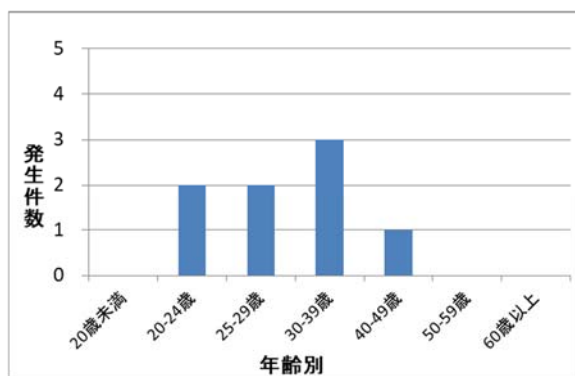
危険性知識は間接要因としてはあげられなかった。

[表Ⅱ-10-3 労働災害の工程別間接要因 (2005 年～2019 年)]

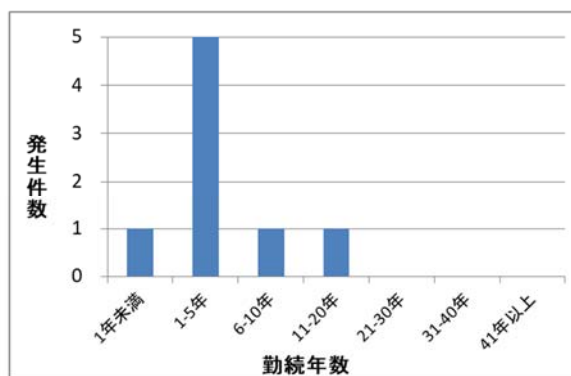
	単結晶製造	加工	その他	計
安全管理(設備)	0件	3件	1件	4件
安全管理(マニュアル)	1件	0件	1件	2件
安全教育	2件	0件	0件	2件
危険性知識	0件	0件	0件	0件
計)	3件	3件	2件	8件

(ア) 年齢および経験年数別労働災害負傷者数 ([図Ⅱ-10-3][図Ⅱ-10-4] 参照)

経験年数別死傷者数については、20-30 代で経験年数の比較的短い作業者が高い割合を占めている。導入教育の強化や作業経験の少ない作業者への継続的な安全教育が重要である。



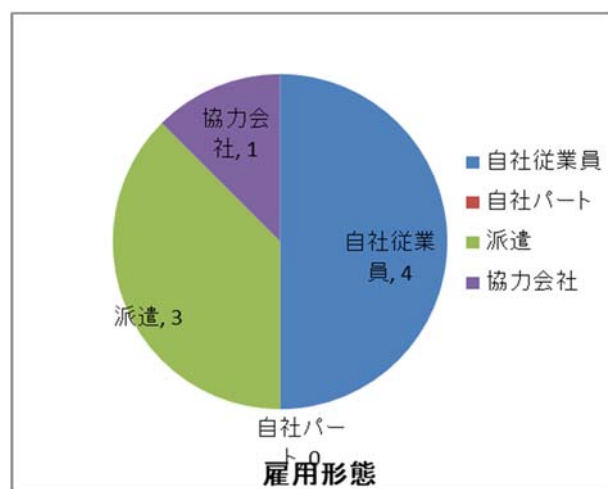
[図Ⅱ-10-3 経年齢別労働災害負傷者数
(2005 年～2019 年)]



[図Ⅱ-10-4 経験年数別労働災害負傷者数
(2005 年～2019 年)]

(イ) 雇用形態別「労働災害」発生割合 ([図Ⅱ-10-5 参照])

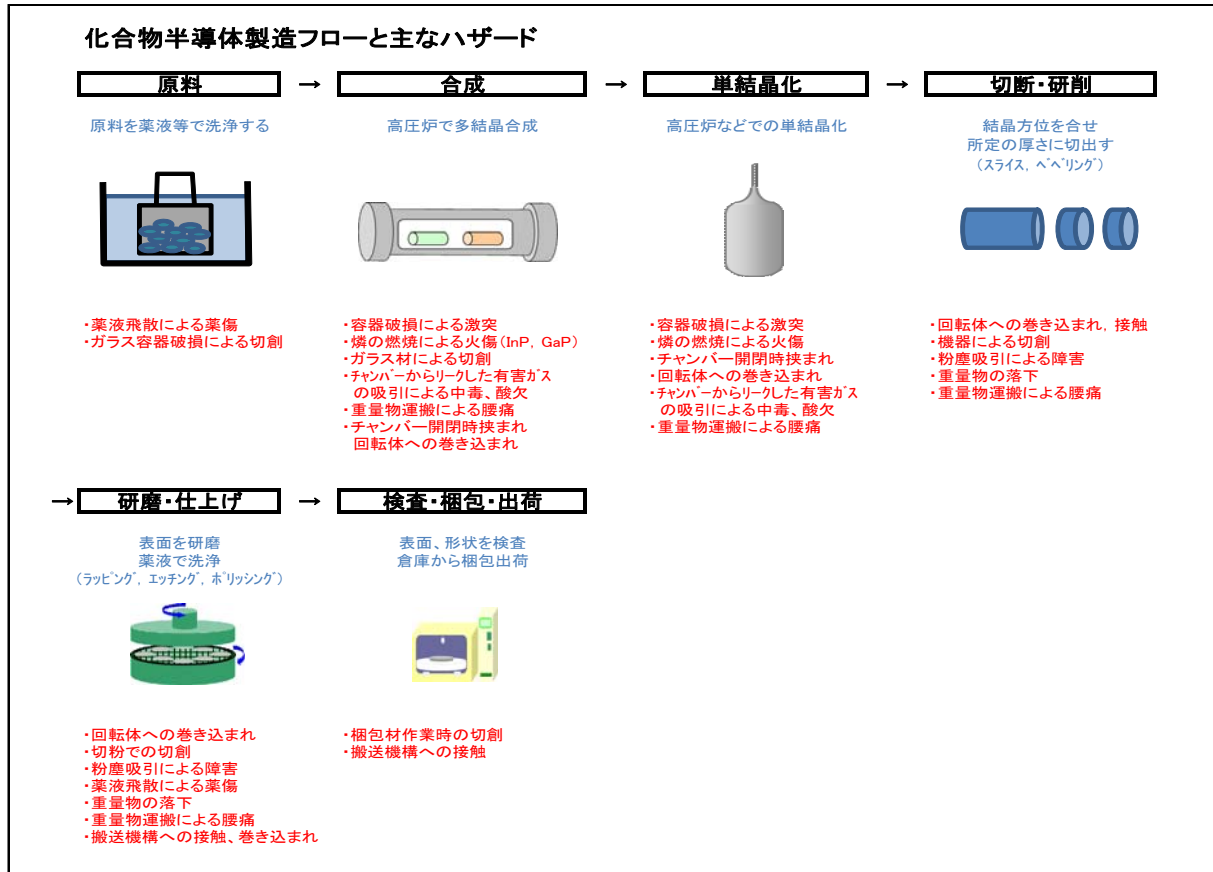
雇用形態別発生割合について、化合物製造業においては過去 14 年間で自社従業員の災害比率が 4 件を占め、2 件が派遣会社、残り 1 件は協力会社による発生であった。事業所内において自社従業員だけでなく、関係会社や協力会社における安全教育の徹底が必要とされる。



[図Ⅱ-10-5 雇用形態別負傷者数割合 (2005 年～2019 年)]

(3) 潜在危険性（ハザード）と安全対策の整理

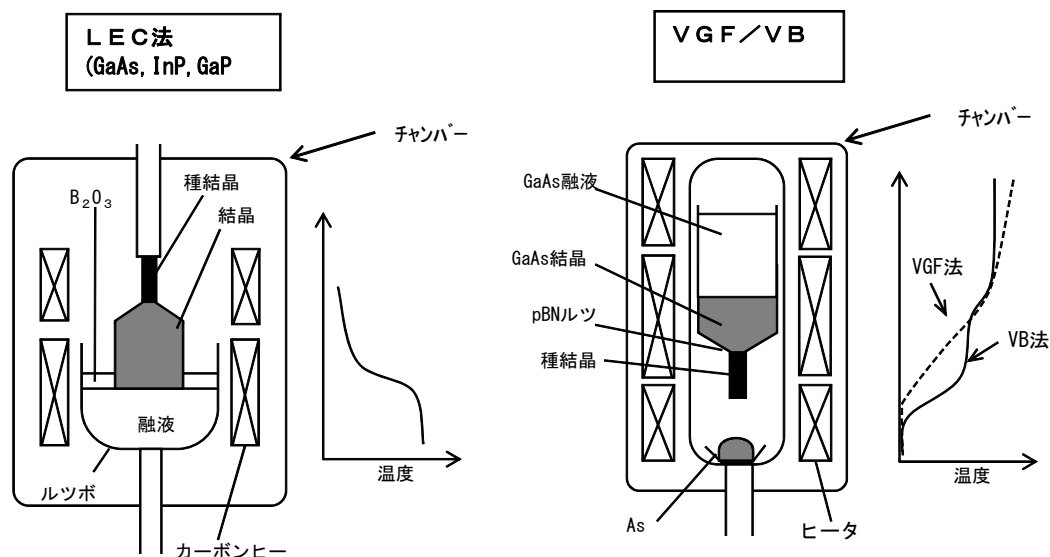
化合物半導体製品の概略製造フローと各工程の主な潜在危険性（ハザード）を[図Ⅱ-10-6]に示す。



[図Ⅱ-10-6 化合物半導体製造フローと主な潜在危険性（ハザード）]

原料の洗浄を行い多結晶原料を合成する。合成した多結晶原料を用い、単結晶化する。単結晶化には以下の[図Ⅱ-10-7]に示すように、LEC法、VGF/VB法などの方法がある。

次に、単結晶化工程で得られた結晶を板状に切断し、最終形状になるよう成形、研磨加工する。加工工程での汚れを洗浄し、検査、梱包工程を経て出荷される。



〔図Ⅱ-10-7〕 結晶成長の各種製法模式図および温度プロファイル

これまでの保安事故および労働災害の実態調査を踏まえ、化合物半導体製造プロセスにおける工程別の潜在危険性（ハザード）に対する主な安全対策を〔表Ⅱ-10-4〕、〔表Ⅱ-10-5〕に整理した。

単結晶工程の原料工程と単結晶化において、チャンバー取り扱いに関連して発生する、巻き込まれ、チャンバー破損、破損時の飛来物との激突、リークによる中毒、酸欠、に十分な注意が必要であることが判った。

また、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効果的な「安全教育」を実施することが重要であると考えられる。

[表Ⅱ-10-8 化合物半導体製造における潜在危険性（ハザード）と安全対策] （定常作業）

工程		潜在危険性(ハザード)		安全対策	
		保安事故	労働災害		
定常作業 (ウエハ製造)	単結晶	原料工程 (原料準備～合成)	1) ガスの漏洩 2) 高圧容器破損による火災	1) チャンバーからリークした有害ガスの吸引による中毒、酸欠 2) 重量物運搬による腰痛 3) チャンバー開閉時の挟まれ、回転体への巻き込まれ 4) 薬液飛散による損傷 5) ガラス材破損による切創 6) 高圧容器破損による飛来部品との激突 7) 燃焼による火傷(P系材料:GaP、InP)	安全管理(設備):安全装置の設置、局所排気 安全教育:腰痛対策、適切な道具の使用 安全教育:作業手順(操作手順)の徹底 安全教育:保護具着用 安全管理(設備):安全装置の設置、局所排気 安全教育(マニュアル):作業手順、異常時の処置
		単結晶化	1) ガスの漏洩 2) 高圧容器破損による火災	1) チャンバーからリークした有害ガスの吸引による中毒、酸欠 2) 重量物運搬による腰痛 3) チャンバー開閉時の挟まれ、回転体への巻き込まれ 4) 高圧容器破損による飛来部品との激突 5) 炉体解放時の燐燃焼による火傷(P系材料:GaP、InP)	安全管理(設備):安全装置の設置、局所排気 安全教育:腰痛対策、適切な道具の使用 安全教育:作業手順(操作手順)の徹底、保護具着用 安全管理(設備):安全装置の設置、局所排気、消火設備 安全教育(マニュアル):作業手順、異常時の処置
	加工	端面加工/結晶整形	-	1) 回転体への接触、巻き込まれ 2) 重量物の落下、重量物運搬時の腰痛 3) 機器の鋭利部分による切創 4) 粉塵吸引による障害	安全管理(設備):巻き込まれ防止、安全教育:作業手順の徹底 安全教育:腰痛対策、適切な道具の使用 安全教育:回転体への対応、保護具着用 安全教育:作業手順、保護具着用
		スライス (内周刃スライサー) (ワイヤーソー)	-	1) 回転体への接触、巻き込まれ 2) 重量物の落下、重量物運搬時の腰痛	安全管理(設備):巻き込まれ防止、安全教育:作業手順の徹底 安全教育:腰痛対策、適切な道具の使用、保護具着用 安全管理(設備):安全装置 安全管理(マニュアル):回転体への対応、保護具着用
		ペーパリング	-	1) 回転体への接触、巻き込まれ	安全管理(設備):巻き込まれ防止、安全教育:作業手順の徹底
		ラッピング	-	1) 回転体への接触、巻き込まれ 2) 切粉での切創 3) 粉塵吸引による障害	安全管理(設備):巻き込まれ防止、安全教育:作業手順の徹底
		エッチング	-	1) 薬液の飛散による薬傷	安全教育:保護具着用の徹底、作業手順の徹底 安全管理(設備):飛散防止
		ポリッシング	-	1) 回転体への接触、巻き込まれ 2) 重量物の落下、重量物運搬時の腰痛	安全管理(設備):巻き込まれ防止 安全教育:腰痛対策、適切な道具の使用、保護具着用 安全教育:作業手順の徹底
		洗浄	-	1) 薬液の飛散による薬傷 2) 搬送機構への接触、巻き込まれ	安全管理(設備):飛散防止 安全管理(設備):巻き込まれ防止 安全教育:保護具着用、作業手順の徹底
		検査・梱包・出荷	-	1) 梱包材作業時の切創 2) 搬送機構への接触、巻き込まれ	安全管理(マニュアル):作業手順 安全教育:作業手順の徹底、保護具着用

[表Ⅱ-10-9 化合物半導体製造における潜在危険性（ハザード）と安全対策] （非定常作業）

工程		潜在危険性(ハザード)		安全対策
		保安事故	労働災害	
非 定 常 作 業	装置部材メンテ	堆積粉じんや付着物による火災	部材や工具類の飛来落下 回転体への接触、巻き込まれ	安全管理(マニュアル)(清掃頻度、火災防止) 安全教育(危険予知、保護具着用)
	清掃	堆積粉じんや付着物による火災	堆積粉じんや付着物の発火による火傷	安全管理(マニュアル)(清掃頻度、火災防止) 安全教育(危険予知、保護具着用)
	工事	-	転倒、挟まれ	安全管理(マニュアル)(作業計画) 安全教育(操作手順、保護具着用)

（４）安全対策の推進

これまでの化合物半導体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（ハザード）および安全対策に関する検討を踏まえ、より一層の安全確保の充実を図るため、以下の施策を推進する事とする。

①化合物半導体製造業の各プロセスにおける潜在危険性（ハザード）と安全対策の周知徹底

会員会社安全担当者が出席する各部会との情報交換会において、本行動計画を説明し、各社に持ち帰り、社内での安全対策の周知徹底を図ることとする。関係会社や協力会社に作業等を委託する場合においても同様の安全対策の推進を展開する。

②保安事故、労働災害事例の分析と共有化

2005年から2019年までの15年間の事例分析から得られた傾向や知見を社内の安全対策推進に利用するとともに、今後も競争法に抵触しない範囲で、各社の化合物半導体製造に関する安全情報の共有化を図ることとする。

（５）化合物半導体製品の使用上の注意事項

化合物半導体製品に含まれる材料の特性については、必ず事前に安全データシート（SDS）を確認してください。不明点がある場合は、まず専門のメーカーに確認してください。

1 1. 化合物半導体製造業者としての取組み（フォローアップ）

2017 年度より、本委員会委員会社である化合物半導体製造メーカー3 社は、災害防止対策に関する行動計画の策定と化合物製造および使用上の注意事項／ガイドラインを作成、周知徹底し、保安事故および労働災害防止に向けた諸施策を実施してきた。しかし、20-30 代の比較的経験年数の浅い作業員の被災が多い事や、派遣会社や協力会社の作業員の災害も発生していることから化合物製造業者として更なるフォローアップが必要という認識で一致した。そこで 2005～2019 年の事例および新たな課題に対する 2020 年度における各社取組みの中から事例を紹介する。

（1）化合物半導体製造プロセスにおける潜在危険性（ハザード）と安全対策の周知徹底

化合物製造プロセスにおける潜在危険性（ハザード）と安全対策の周知徹底のため、次の対策を実施した。

①安全管理（設備）

- ・新規設備や改造時の安全審査（セーフティアセスメント）
- ・既存設備のリスクの再確認。
- ・労働災害現場の設備対策についてフォローアップ（安全巡視、監査）

②安全管理（マニュアル）

- ・安全教育マニュアル、作業標準書等の見直し（定期、随時）
- ・工事業者安全管理策強化や機械安全推進のため手順書やガイドラインを整備

③安全教育

- ・導入教育とフォローアップ教育（3、12、24 ヶ月）実施
- ・防塵マスク着用の確認（マスクチェッカー）
- ・マスクパトロールの実施（1 回/月）
- ・関係会社への教育（衛生講話、安全集会、安全指導会、個別面談など）
- ・協力会社への教育（導入教育、安全パトロール、突発工事対応など）
- ・安全行動調査（中央労働災害防止協会）を実施し、作業員固有の性格や行動様式を把握
- ・リスクアセスメント講習会受講、社内改善活動(安全)発表会
- ・危険体感教育、防災訓練、避難訓練、消火訓練、A E D講習会など

④危険性知識の習得

- ・インジウム化合物についての講演会（産業医）

- ・労使による禁煙外来受診の推奨。
- ・化学物質のリスクアセスメント

⑤作業環境の改善

- ・特定化学物質、粉塵、有機溶剤、騒音、室温などの作業環境測定

(2) 労働災害事例の分析、その他安全情報の共有化

他事業所で発生した災害について、災害速報および災害分析表を全事業所に配信した。また、類似災害発生を防ぐため、その可能性（リスク）を評価の上、必要に応じて安全対策の水平展開（設備及び作業手順等の確認と是正）を実施した。

(3) リスクアセスメント活動（化学物質含む）

潜在的危険性や有害性へ対応するため、次のリスクアセスメント活動を実施した。

①潜在的危険性の抽出

- ・危険源を網羅的に抽出し重篤な災害に繋がる「重大なリスク」対策に取り組む
- ・外部講師によるリスクアセスメントスキルのレベルアップを実施
- ・リスク対策は、まず本質安全化（ハード対策）に取り組み、もしできなければ安全な作業方法の手順書作成と重点管理に取り込むこととし、二段階で実施。

②化学物質のリスクアセスメント

- ・労働安全衛生法改正に関する対応実施。

(4) 安全文化醸成に向けた取り組み

安全文化醸成に向け、次の活動を実施した。

- ・朝礼や安全巡視等で声掛けを積極的に行い、コミュニケーションを密にして、現場作業員総員を安全活動に参画させることで、安全意識向上を目指す。
- ・1PKYの実施による、毎日の危険作業内容の確認と対策。
- ・安全行動調査結果などを参考にして、個人安全スローガン宣言を行う表彰制度
- ・安全表彰制度（1年間無事故・無災害、従業員全員対象とした功労金）

(5) 保安力強化

- ・保安力評価とその向上に関する勉強会への参加

(6) 経営トップ等の強い関与

経営トップ等に強く関与していただくため、次の活動を実施した。

①トップパトロールなど

- ・経営幹部（工場幹部や本社幹部など）による安全パトロールや安全巡視
- ・リモートによる安全巡視の検討

（７）外部評価

- ・安全衛生コンサルタントや産業医による現場巡視とコンサルティング。
- ・安全マネジメントシステム(OHSAS18001)運用と第三者監査を受ける。
- ・安全マネジメントシステム ISO45001 切り替えへの対応。

12. ベリリウム製造業における保安事故・労働災害の実態と安全対策

(1) はじめに

ベリリウム製造業は、大別してベリリウムを銅合金製造のための添加元素として用いるベリリウム銅合金製品の製造と、ベリリウムの純金属を用いる金属ベリリウム製品の製造に分けられる。また、ベリリウム銅合金製造はその製品の形態から、コネクタやスイッチといった電子部品用バネ材として用いられる圧延条製品、いわゆる展伸材と、金型用素材や航空機部材、海底中継器筐体などに用いられる加工品に分けられる。今回の実態調査では、製造工程における潜在危険性を整理し、製造上または取扱い上の留意事項および効果的な安全対策を提供することで、会員企業をはじめ、ユーザーを含む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 ベリリウム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の掘り下げを行い、安全性向上を図る。
- ② 事故事例および想定リスクの収集、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 ベリリウム製品の使用上の注意事項を作成し、潜在的危険性について顧客に注意喚起する。
- ④ ベリリウム部会において実施した安全性向上について、協会内で横展開を図る。

(2) 保安事故・労働災害の実態調査

2020 年度は、本委員会委員会社であるベリリウムメーカーの過去 15 年間（2005 年～2019 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を[別表 1 1]に、労働災害の想定事例を[別表 1 2-1]にそれぞれ示す。統計・整理の母数となる事故事例の件数は、保安事故 1 件、労働災害 19 件を合わせた 20 件である。災害事例に加え、各工程における想定リスクも [別表 1 2-2]に記載した。

① 保安事故・労働災害の発生状況（2005 年～2019 年）

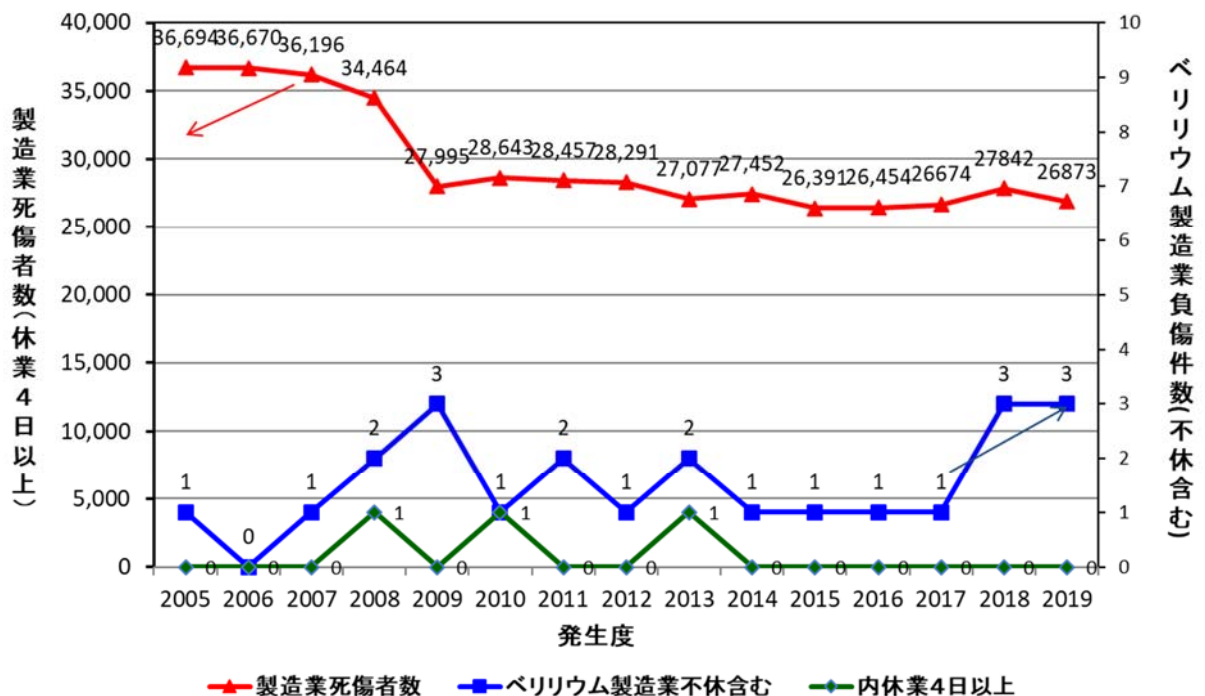
ア) 年別「保安事故」「労働災害」発生件数および死傷者数（[図Ⅱ-12-1][図Ⅱ-12-2]参照）

まず、年別発生件数については、過去 15 年間で平均 1.5 件であり、2009 年のようにやや多い年もあるが、ほぼ横ばい傾向にあり、死亡災害の発生はなかった。ベリリウムの市場全体は物量ベースで堅調に伸びていることから、原単位ベースでの災害発生率としては減少傾向にあると考えられる。一方、全国製造業の死傷者数は 2008 年から 2009 年にかけて減少し、その後は微減傾向となっているが、同様の傾向にはなっていない。

また、2019 年に 3 件の不不休災害が発生した。2006 年を最後に災害発生のない年はなく、災害撲滅に向けて継続して活動を行うとともにレベルアップを図る必要がある。



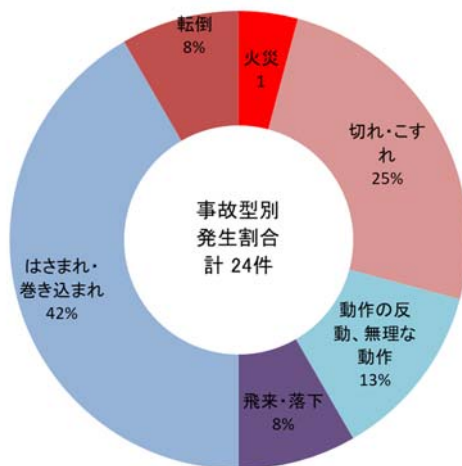
[図Ⅱ-12-1 年別「保安事故」および「労働災害」の発生件数（2005 年～2019 年）]



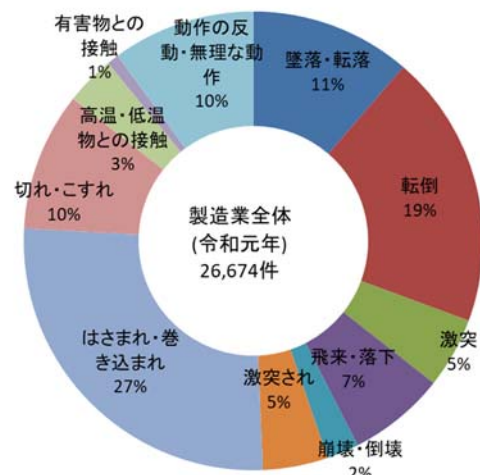
[図Ⅱ-12-2 発生年別死傷者数（2005 年～2019 年）]

イ) 事故型別「保安事故」および「労働災害」発生割合（〔図Ⅱ-12-3〕〔図Ⅱ-1-4〕参照）

事故型別発生割合については、保安事故では火災が1件で、労働災害では、はさまれ・巻き込まれ、動作の反動・無理な動作の上位2種類で全体の半分以上を占めている。全製造業における発生割合においても、上記2つは高い比率になっているが、金属圧延加工品を扱うことによる回転ロールなどによるはさまれ・巻き込まれや圧延コイルの運搬などに伴いコイルを転倒させてはさまれるなど圧延業に特有な災害発生原因がやや大きな比率になる傾向にある。また、扱う製品が比較的重量のあるものであることが多く、無理な動作での作業などで腰痛を訴えるケースも多い。作業手順や保護具着用といった安全教育とともに、作業方法の改善や、重量物に対しては搬送設備の導入などの安全管理面の対策が重要である。



〔図Ⅱ-12-3 ベリリウム製造業の事故型別発生割合（2005年～2019年）〕

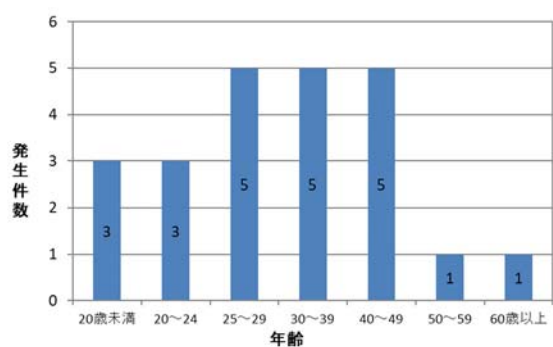


〔図Ⅱ-12-4 国内全製造業の事故型別死傷災害発生割合（2019年単年）〕

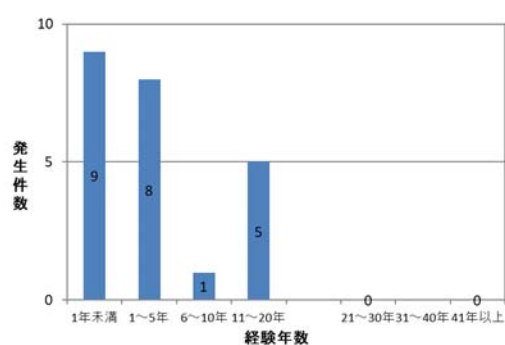
引用：厚生労働省「業種、事故の型別死傷災害発生状況（令和元年）」

ウ) 年齢および経験年数別労働災害死傷者数（〔図Ⅱ-12-5〕〔図Ⅱ-12-6〕参照）

経験年数別死傷者数については、25歳から40歳程度の年齢層で経験年数の短い作業員が高い割合を占めている。導入教育や作業経験の少ない作業員への継続的な安全教育が重要である。



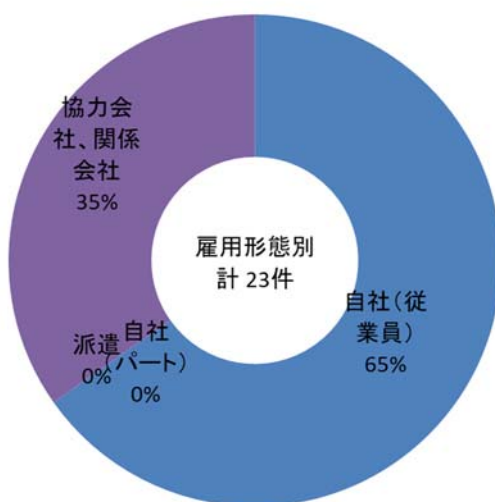
〔図Ⅱ-12-5 年齢別労働災害死傷者数
(2005 年～2019 年) 〕



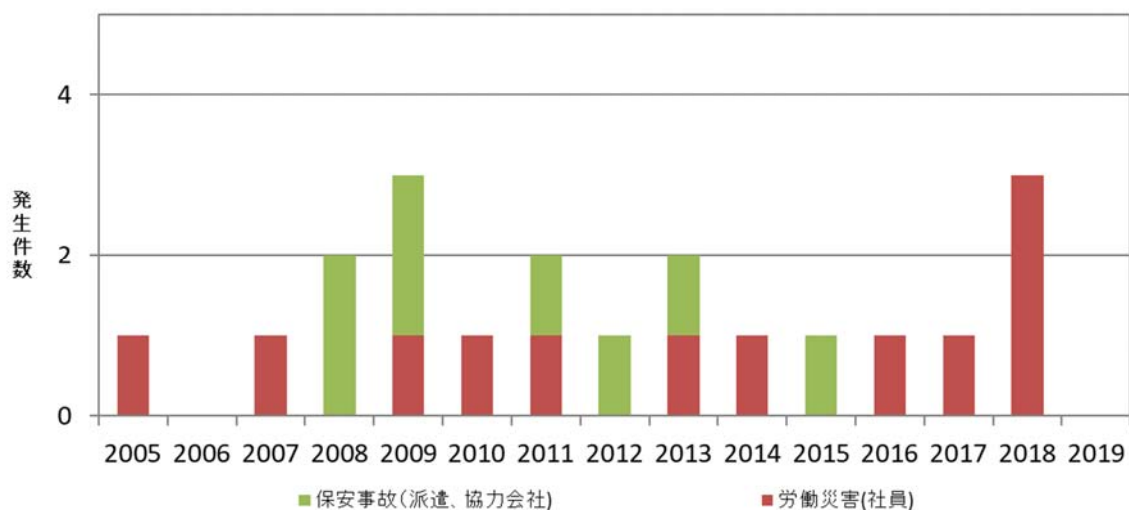
〔図Ⅱ-12-6 経験年数別労働災害死傷者数
(2005 年～2019 年) 〕

エ) 雇用形態別「労働災害」発生割合（〔図Ⅱ-12-7〕〔図Ⅱ-12-8〕参照）

雇用形態別発生割合について、ベリリウム製造業においては過去 15 年間で協力会社や関係会社の災害比率が全体の四割強を占めている。人員構成比では自社従業員の割合が大きいことから、協力会社や関係会社の災害発生が多いといえる。事業所内における関係会社や協力会社においても、安全教育の徹底とともに、安全情報を共有化する必要がある。



〔図Ⅱ-12-7 雇用形態別負傷者数割合（2005 年～2019 年） 〕

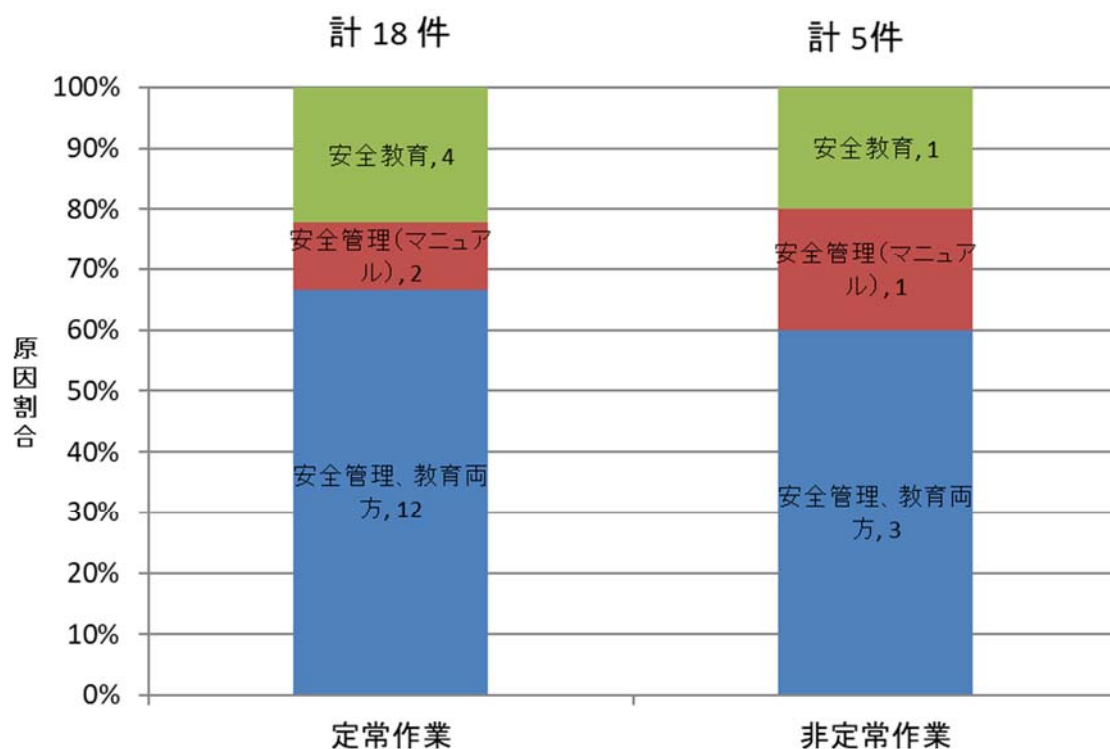


[図Ⅱ-12-8 雇用形態別「保安事故」および「労働災害」における負傷者数推移（2005 年～2019 年）]

オ) 原因別「保安事故」および「労働災害」発生割合（[図Ⅱ-12-9]参照）

原因別発生割合については、安全教育と安全管理の両方の対策が必要なものが、定常作業において約 60%と一番高い割合を占めている。単純作業よりも人の判断が必要な作業が多いことが原因の一つと考えられ、作業方法の改善やマニュアル整備とともに、それらの教育が不可欠である。教育面では、作業環境に見合った安全教育（作業手順、保護具着用、KYT、ヒヤリハット、危険体感教育等）を繰り返し実施することが必要である。

今回の調査においては設備の不具合やプロセスに起因した災害は殆どみられなかったものの、大きな設備事故を未然に防ぐためには、設備のセーフティーアセスメントや今回抽出した工程別の想定リスクを参考に、設備上の安全対策を徹底するとともに、個々の作業や有害化学物質に対するリスクアセスメントを行い、作業時の本質安全化を目指すことが重要である。



[図Ⅱ-12-9 原因別「保安事故」および「労働災害」発生割合（2005 年～2019 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

製造プロセスフローはベリリウム銅展伸材、ベリリウム銅加工品および金属ベリリウム加工品に分けられるため、定常作業は各フローに分け、非定常作業は共通として分析を行い、工程別、事故型別の保安事故・労働災害発生状況を[表Ⅱ-12-1]および[図Ⅱ-12-10]に示す。

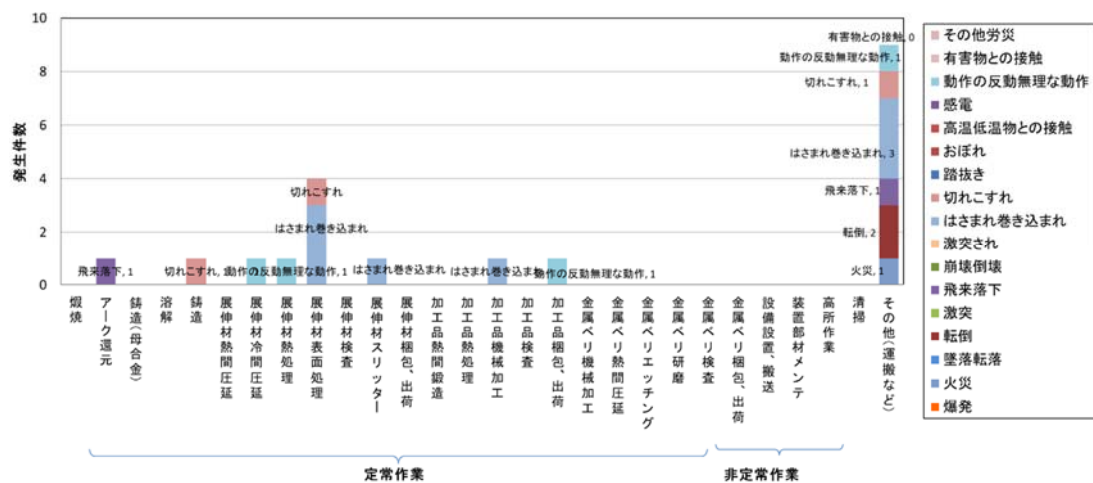
ベリリウム製造工程での保安事故は過去 15 年で 1 件発生している。非定常作業での事例であり、非定常作業を行う際のリスク管理を強化、維持することが重要である。また、大災害が想定されるような溶湯の水蒸気爆発等は発生していないが、設備老朽化の懸念から、設備対策の難しい無人運転設備のようなところでの火災事故などには今後も注意が必要である。

労働災害としては、ベリリウム銅展伸材およびその付帯的な運搬などの作業において回転ロールなどによる巻込まれ事故の発生が多い。また、全般的に重量物を扱うことが多いことに関連し、挟まれ事故や腰痛が多い。さらに、前述の挟まれ・巻込まれ事故に加え、転倒などが非定常作業において多く発生している。マニュアルの整備や教育は当然のことであるが、特に非定常作業においては作業者の危険感受性を高め、本活動にて想定したリスクなどを参考にして、災害防止対策を継続することが重要である。

[表Ⅱ-12-1 ベリリウム製造事故型発生件数（2005年～2019年）]

作業分類	災害分類 工程名	保安事故		労働災害														小計	中計
		爆発	火災	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	有害物との接触		
定常作業（展伸材）	煅焼																	0	14
	アーク還元						1											1	
	鋳造（母合金）		1															1	
	溶解																	0	
	鋳造									1	1							2	
	展伸材熱間圧延																	0	
	展伸材冷間圧延																	0	
	展伸材熱処理															1		1	
	展伸材表面処理									3	1							4	
	展伸材検査																	0	
	展伸材スリッター									2	1							3	
	展伸材梱包、出荷																	0	
	加工品熱間鍛造																	0	
	加工品熱処理																	0	
（加工品） 定常作業	加工品機械加工									1								1	9
	加工品検査																	0	
	加工品梱包、出荷															1		1	
	金属ペリ機械加工																	0	
（金属ペリリウム） 定常作業	金属ペリ熱間圧延																	0	
	金属ペリエッチング																	0	
	金属ペリ研磨																	0	
	金属ペリ検査																	0	
	金属ペリ梱包、出荷																	0	
非常常	設備設置、搬送																	0	
	装置部材メンテ																	0	
	高所作業																	0	
	清掃																	0	
	その他（運搬など）		1		2		1			3	1					1		9	
	小計	0	2	0	2	0	2	0	0	10	4	0	0	0	0	3	0	23	23
	中計	2		21														23	

※ 黄色塗りつぶしセルは、想定リスクを示したものの。（[別表 1 1]および[別表 1 2-1, 2]参照）



[図Ⅱ-12-10 ベリリウム製造工程 工程別事故型発生件数（2005年～2019年）]

(3) 製造プロセスにおける潜在危険性と安全対策

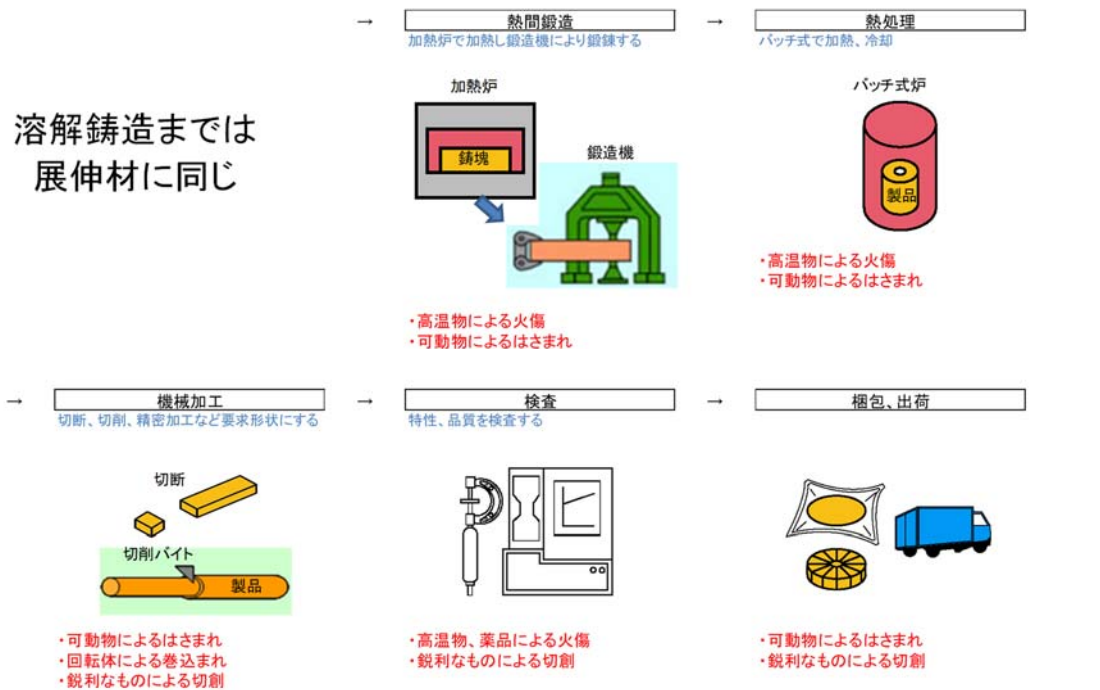
「ベリリウム銅展伸材製造」、「ベリリウム銅加工品製造」そして「金属ベリリウム加工品製造」の概略製造フローと各工程の主な潜在危険性を[図Ⅱ-12-11]、[図Ⅱ-12-12]そして[図Ⅱ-12-13]にそれぞれの示す。

「ベリリウム銅展伸材」製造フローでは、まず水酸化ベリリウムを熱処理により酸化ベリリウムにし、アーク炉を用いカーボンで還元しベリリウム銅母合金を製造する。その後、溶解炉で合金成分に調整のうえ溶解し鑄造する。出来上がった鑄塊を熱間圧延、冷間圧延、熱処理、表面処理などを施し所定の寸法に加工の後、検査を行い梱包し出荷される。

[図Ⅱ-12-11 ベリリウム製造フローと主な潜在危険性(ベリリウム銅合金展伸材)]



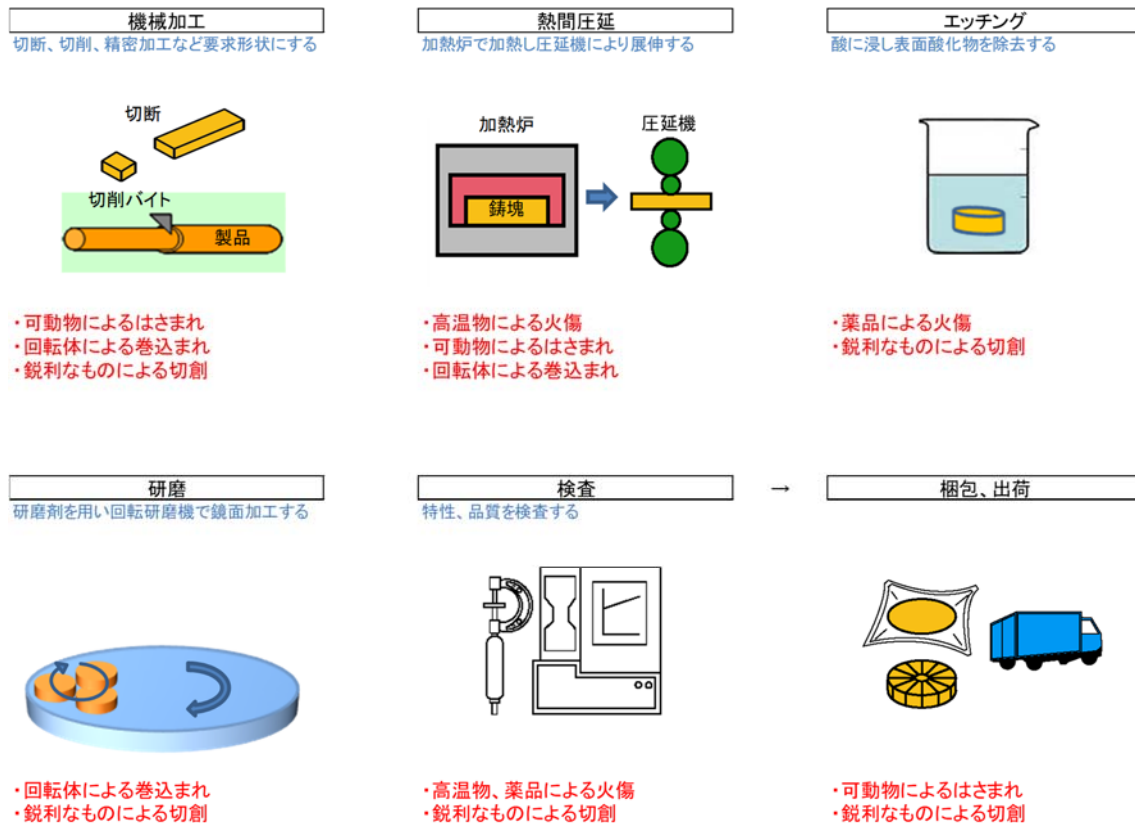
[図Ⅱ-12-12 ベリリウム製造フローと主な潜在危険性（ベリリウム銅加工品）]



「ベリリウム銅加工品」製造フローでは、ベリリウム銅展伸材と同様に鑄造された鑄塊を熱間鍛造し、熱処理、機械加工などで製品形状に仕上げ、検査実施後梱包工程を経て出荷される。

「金属ベリリウム加工品」製造フローでは、金属ベリリウムブロックを製品の形状に応じて、機械加工、熱間圧延、エッチング、研磨などを施し、検査実施後梱包工程を経て出荷される。

[図Ⅱ-12-13 ベリリウム製造フローと主な潜在危険性（金属ベリリウム加工品）]



これまでの保安事故および労働災害の実態調査を踏まえ、ベリリウム製造プロセスにおける工程別の潜在危険性に対する主な安全対策を[表Ⅱ-12-2]～[表Ⅱ-12-4]に整理した。

工程のもつ潜在危険性の観点からは、特に高温による熱傷や、回転体への巻き込まれ、鋭利なものによる切創などには十分な注意が必要である。また重量物を扱うことによる腰痛の防止や酸など化学薬品の取り扱いに関し、重量物作業に関する作業手順や保護具に関する安全教育の徹底が必要である。また、ベリリウムのような特定化学物質や毒劇物の他、薬液処理において化学薬品等の利用も多いことから、これら有害物を吸入しないよう、リスクアセスメントを行うとともに、法令に基づいた設備改善や作業方法、保護具着用など、マニュアル整備と安全教育が必要である。特にベリリウムに関しては、暴露を避けるための作業環境管理の徹底と

人手による作業を最小限にするための自動化や遠隔操作化を進めることが非常に重要である。これらの潜在危険性情報やその安全対策については、関係会社や協力会社など外部委託先がある場合にも周知されるべきである。

[表Ⅱ-12-2 ベリリウム製造における潜在危険性と安全対策](定常作業:展伸材) 注) 図Ⅱ-12-11のフロー図の工程ごとに潜在危険性を整理

	潜在危険性		安全対策
	保安事故	労働災害	
煅焼	-	高温による熱傷、高所よりの墜落、腰痛 扉・駆動部に挟まれ負傷、回転体への巻き込まれ	安全教育(操作手順、メンテ時の装置停止、保護具着用、危険感受性) 安全管理(設備)(安全装置、安全柵)
アーク還元	冷却水が漏れによる水蒸気爆発 溶湯の飛散による火災	高温による熱傷、高所よりの墜落、腰痛 扉・駆動部に挟まれ負傷、感電	安全教育(操作手順、メンテ時の装置停止、保護具着用、危険感受性) 安全管理(設備)(安全装置、安全柵)
鑄造(母合金)	冷却水が漏れによる水蒸気爆発 溶湯の飛散による火災	高温による熱傷、高所よりの墜落、腰痛 扉・駆動部に挟まれ負傷	安全教育(操作手順、メンテ時の装置停止、保護具着用、危険感受性) 安全管理(設備)(安全装置、安全柵)
溶解	冷却水が漏れによる水蒸気爆発 溶湯の飛散による火災	高温による熱傷、高所よりの墜落、腰痛 扉・駆動部に挟まれ負傷	安全教育(操作手順、メンテ時の装置停止、保護具着用、危険感受性) 安全管理(設備)(安全装置、安全柵)
鑄造	冷却水が漏れによる水蒸気爆発 溶湯の飛散による火災	高温による熱傷、高所よりの墜落、腰痛 扉・駆動部に挟まれ負傷、鋭利な部位での切創	安全教育(操作手順、メンテ時の装置停止、保護具着用、危険感受性) 安全管理(設備)(安全装置、安全柵)
展伸材熱間圧延	-	高温による熱傷、高所よりの墜落、腰痛 扉・駆動部に挟まれ負傷、鋭利な部位での切創 回転体への巻き込まれ	安全教育(操作手順、メンテ時の装置停止、保護具着用、危険感受性) 安全管理(設備)(安全装置、安全柵)
展伸材冷間圧延	-	高温による熱傷、腰痛、回転体への巻き込まれ 扉・駆動部に挟まれ負傷、鋭利な部位での切創	安全教育(操作手順、保護具着用、危険感受性) 安全管理(設備)(安全装置、安全柵)
展伸材熱処理	-	高温による熱傷、腰痛、回転体への巻き込まれ 扉・駆動部に挟まれ負傷、鋭利な部位での切創	安全教育(操作手順、保護具着用、危険感受性) 安全管理(設備)(安全装置、安全柵)
展伸材表面処理	酸洗槽の破損による酸漏出	高温による熱傷、腰痛、回転体への巻き込まれ 扉・駆動部に挟まれ負傷、鋭利な部位での切創 薬品での火傷	安全教育(操作手順、保護具着用、危険感受性) 安全管理(設備)(安全装置、安全柵)
展伸材検査	-	高温による熱傷、腰痛、回転体への巻き込まれ 扉・駆動部に挟まれ負傷、鋭利な部位での切創 薬品での火傷	安全教育(作業手順、保護具着用)
展伸材スリッター	-	腰痛、回転体への巻き込まれ 扉・駆動部に挟まれ負傷、鋭利な部位での切創	安全教育(作業手順、保護具着用)
展伸材梱包、出荷	-	腰痛、鋭利な部位での切創	安全教育(作業手順、保護具着用)

[表Ⅱ-12-3 ベリリウム製造における潜在危険性と安全対策](定常作業:加工品、金ベリ)

注) 図Ⅱ-12-12、13のフロー図の工程ごとに潜在危険性を整理

	潜在危険性		安全対策
	保安事故	労働災害	
加工品熱間鍛造	-	高温による熱傷腰痛 扉・駆動部に挟まれ負傷、鋭利な部位での切創	安全管理(設備)(安全装置、安全柵) 安全教育(操作手順、保護具着用、危険感受性)
加工品熱処理	-	高温による熱傷、腰痛 扉・駆動部に挟まれ負傷、鋭利な部位での切創	安全管理(設備) 安全教育(操作手順、保護具着用、危険感受性)
加工品機械加工	-	腰痛、回転体への巻き込まれ 扉・駆動部に挟まれ負傷、鋭利な部位での切創	安全管理(設備) 安全教育(操作手順、保護具着用、危険感受性)
加工品検査	-	高温による熱傷、腰痛、薬品での火傷 扉・駆動部に挟まれ負傷、鋭利な部位での切創	安全教育(作業手順、保護具着用)
加工品梱包、出荷	-	腰痛、鋭利な部位での切創	安全教育(作業手順、保護具着用)
金属ベリ機械加工	-	回転体への巻き込まれ 扉・駆動部に挟まれ負傷、鋭利な部位での切創	安全管理(設備) 安全教育(操作手順、保護具着用、危険感受性)
金属ベリ熱間圧延	-	高温による熱傷、回転体への巻き込まれ 扉・駆動部に挟まれ負傷、鋭利な部位での切創	安全教育(操作手順、保護具着用、危険感受性) 安全管理(設備)(安全装置)
金属ベリエッチング	-	鋭利な部位での切創、薬品での火傷	安全教育(操作手順、保護具着用、危険感受性)
金属ベリ研磨	-	回転体への巻き込まれ、鋭利な部位での切創	安全教育(操作手順)
金属ベリ検査	-	鋭利な部位での切創	安全教育(操作手順)
金属ベリ梱包、出荷	-	鋭利な部位での切創	安全教育(操作手順)

[表Ⅱ-12-4 ベリリウム製造における潜在危険性と安全対策] (非定常作業)

	潜在危険性		安全対策
	保安事故	労働災害	
装置部材メンテ	転落のおそれ	部材や工具類の飛来落下 転落、転倒、挟まれ	安全管理(マニュアル)(保全頻度、化学物質物性) 安全管理(設備)(足場、安全柵、装置停止) 安全教育(危険予知、保護具着用)
高所作業	転落のおそれ	墜落・転落	安全管理(設備)(足場、安全柵) 安全教育(保護具着用、危険感受性)
清掃	－	堆積粉じん、転倒	安全管理(マニュアル)(清掃頻度、化学物質物性) 安全教育(危険予知、保護具着用)
工事	－	転倒、挟まれ	安全管理(マニュアル)(作業計画) 安全教育(操作手順、保護具着用)

(4) ベリリウム製造業における安全対策の推進

これまでのベリリウム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、より一層の安全確保の充実を図るため、以下の施策を推進することとする。

① ベリリウム製造業の各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各部会との情報交換会において、本行動計画を説明し、各社に持ち帰り、社内での安全対策の周知徹底を図ることとする。関係会社や協力会社に作業等を委託する場合においても同様の安全対策の推進を展開する。

② 保安事故、労働災害事例の分析と共有化

2005 年から 2019 年までの 15 年間の事例分析から得られた傾向や知見を社内の安全対策推進に利用するとともに、今後も会員会社のベリリウム製造に関する安全情報の共有化を図ることとする。

(5) P D C A サイクルによる改善実績

ベリリウム製造業の P D C A サイクルによる改善活動は、新金属協会会員企業において以下のように行われている。

- ISO45001 外部監査で社外監査員による客観的な安全衛生活動システムの評価及び不備の指摘、過去の指摘事項のフォローを行っている。
- 内部監査は JISHA 方式（適格 OHSMS）に基づき外部監査を補完する形で実施される。監査員は、全社各部門にて資格取得し、事業分野の異なる監査員の客観的な目で安全衛生活動システムの評価及び不備の指摘、過去の指摘事項のフォローを行っている。
- 全社的に組織される安全衛生委員会により P D C A サイクルが回されている。主な実施項目は以下の通り。
 - 経営トップ参加の全社安全衛生委員会による総括的な安全衛生活動の評価及び課題フォロー（2 回/年）
 - 事業所及び職場ごとの安全衛生委員会による災害事例の分析、対策の妥当性評価、過去からの課題進捗フォロー、作業観察会

(6) ベリリウム製品の使用上の注意事項

本活動を通じた、新金協協会会員企業へのベリリウム製品に関する情報活用の促進を図るため、ベリリウム製品の使用上の注意事項を以下にまとめた。安全への取組みに資するものとして利用してもらいたい。

ベリリウム銅合金の安全性について

ベリリウム銅合金はベリリウムを含むため、衛生面や環境への影響について話題にのぼる場合があります。そこで、衛生面及び環境規制の側面からベリリウム銅合金の使用に問題が無いことを説明します。

1. **ベリリウム銅は、最大2%のベリリウムを含有する銅の合金であり、特定化学物質障害予防規則の対象ではありません。従って、取扱いに際し、法的な規制を受けることは有りません。**
 1. ベリリウム銅合金展伸材は電子機器部品や自動車電装部品等に広く用いられておりますが、化学的に安定な物質であるため、取扱いに際して特別な配慮は不要です。
 2. 衛生面での配慮が必要となるのは、溶解鑄造や研削・研磨を大規模に行うような場合のみです。
2. **現在、ベリリウム銅合金の使用禁止や制限を規定している法律は、世界中のどこにも存在しません。**
 1. EU の法律（WEEE 指令、RoHS 指令、ELV 指令、REACH 規則 等）に、ベリリウム銅合金展伸材の使用を制限するものは有りません。これは、廃電気・電子機器、廃自動車の処理・処分やリサイクルにおいて、ヒトの健康及び環境に対する影響が無視出来るほど小さいためです。
 2. 日米、アジアにおいても、ベリリウム銅合金展伸材の使用を制限する法律は有りません。
 3. 経済産業省が推進する電気・電子機器など全般での『chemSHERPA』（ケムシエルパ）や自動車業界における『IMDS』（International Material Data System）は、製品中に含まれる化学物質の情報伝達システムですが、何れにおいても、ベリリウムは禁止、削減等の制約を課せられていません。
 4. 2007 年 6 月 1 日、EU で REACH 規制が施行されました。本法律は、EU における化学物質の総合的な登録・評価・認可・制限の制度です。これに対し、当社の EU 法人は、EU 域内のベリリウム事業者等とコンソーシアムを組織し、ベリリウムの登録のために必要となる諸評価を実施し、2010 年に登録を完了しました。その後、ベリリウムは SVHC（高懸念物質）に非該当と結論されております。当社は今後も本法律が要求する内容を確実に実施し、川上企業としての役割、責任を果たします。

上記の如く、ベリリウム銅合金展伸材の使用は、衛生面及び環境規制の側面で何ら問題有りません。

1 3. ベリリウム製造業者としての取組み（フォローアップ）

2017 年より、本委員会委員会社であるベリリウム製造メーカーは、災害防止対策に関する行動計画の策定とベリリウム製造および使用上の注意事項を作成、周知徹底し、保安事故および労働災害防止に向けた諸施策を実施してきた。

しかし、経験年数の浅い作業員や外部の協力会社や関係会社社員の被災が多いことから、安全管理（設備）および安全教育の更なるフォローアップが必要という認識をした。そこで 2005～2018 年の事例および新たな課題に対する 2019 年度における取組みの中から事例を紹介する。

（1）ベリリウム製造プロセスにおける潜在危険性（ハザード）と安全対策の周知徹底

ベリリウム製造プロセスにおける潜在危険性（ハザード）と安全対策の周知徹底のため、次の対策を実施した。

① 安全管理（設備）

- ・新規設備や改造時の安全審査（セーフティアセスメント）
- ・老朽化設備の計画的な更新
- ・労働災害現場の設備対策についてフォローアップ（安全巡視、監査）

② 安全管理（マニュアル）

- ・安全教育マニュアル、作業標準書等の見直し（定期、随時）
- ・作業の安全パトロール（安全衛生委員会、労使幹部、管理者および一般従業員）

③ 安全教育

- ・階層別教育の実施（雇入れ教育、業者入講教育）
- ・未熟練者フォロー教育の実施（新人教育、配転者教育、設備構造教育、安全研修）
- ・管理監督職安全衛生教育（法令、ベーシックスキル研修、資格取得）
- ・一般職安全衛生教育（基本ルール、手順書教育、資格取得）
- ・リスクアセスメント実績研修受講
- ・危険体感教育（社内センター開設）、防災訓練、避難訓練、消火訓練、A E D講習会など

④ 危険性知識の習得

- ・化学物質のリスクアセスメント

⑤ 作業環境の改善

- ・特定化学物質、粉塵、有機溶剤、騒音などの作業環境測定

（2）労働災害事例の分析、その他安全情報の共有化

他事業所で発生した災害について、災害速報および災害分析表を全事業所に配信した。また、類似災害発生を防ぐため、その可能性（リスク）を評価の上、必要に応じて安全対策の水平展開（設備および作業手順等の確認と是正）を実施した。

（3）リスクアセスメント活動（化学物質含む）

潜在的危険性や有害性へ対応するため次のリスクアセスメント活動を実施した。

- ・危険源を網羅的に抽出し重篤な災害に繋がる「重大なリスク」対策に取り組む。
- ・外部講師によるリスクアセスメントスキルのレベルアップを実施。
- ・リスク対策は、まず本質安全化(ハード対策)に取り組み、もしできなければ安全な作業方法の手順書作成と重点管理に取り込むこととし、2段階で実施。

(4) 安全文化醸成に向けた取り組み

安全文化醸成に向け、次の活動を実施した。

- ・朝礼、月例安全巡視等で声掛けを積極的に行い、コミュニケーションを密にして、風通しのいい職場雰囲気を目指す。
- ・ヒヤリハットを SNS 的なものに変更し、発信しやすく議論が深まるようにして、危険予知能力向上と情報共有を行う。
- ・安全パトロールを全員参加にし、現場作業員総員を安全活動に参画させることで、安全意識向上を目指す。
- ・個人安全スローガン宣言を行い安全旗に記入し掲示する。
- ・5S グリーン職場、ゴールド職場認定制度による 5S の実現。
- ・安全表彰制度（無事故・無災害の所定時間達成、優秀安全提案の表彰）
- ・災害発生時に非常事態宣言を発令し、全員集会を行い安全旗へのスローガン宣言を新たに行い安全意識の高揚を図る。

(5) 経営トップ等の強い関与

経営トップ等の強い関与として、次の活動を実施した。

- ・経営幹部（工場幹部や本社幹部など）による安全パトロールおよび安全巡視
- ・全社安全衛生委員会の主導
- ・OSHIMS 監査時のインタビュー実施

(6) 危険体感教育・設備

危険体感教育のための設備として、社内施設開設し運用・利用している。

安全体感研修センター（危険体感・体験教育）

- ・設備：回転体巻き込まれ体感、感電・爆発体感、不安定階段・通路体感など
- ・内容：社内専門講師による過去の事故事例の教訓を生かした安全教育（全従業員対象）

1 4. 核燃料加工業及びジルコニウム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

本委員会のメンバーである核燃料加工 3 社は、原子燃料サイクルの一翼を担うウラン燃料の成形加工を行っている。うち 1 社はジルコニウム加工も行っている。

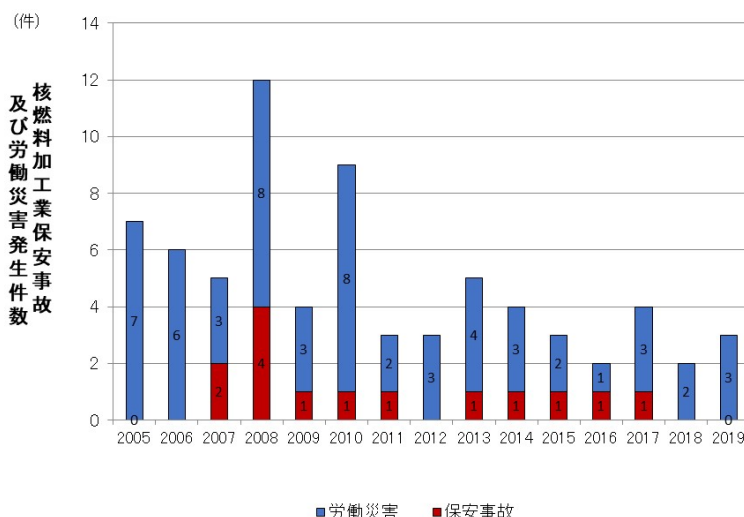
2020 年度は、2019 年に発生した労働災害 3 件を追加し、加工 3 社の過去 15 年間（2005 年～2019 年）の保安事故および労働災害の分析を行った。

なお、核燃料加工独自の保安事故として、次の事象を含めた：「核燃料物質の加工の事業に関する規則」（昭和 41 年総理府令第 37 号）第 9 条の 16（加工施設報告基準）の運用について、平成 25 年 12 月 18 に原子力規制委員会が制定した規程に基づき、加工 3 社でまとめた判定基準により法令報告に該当する事象。

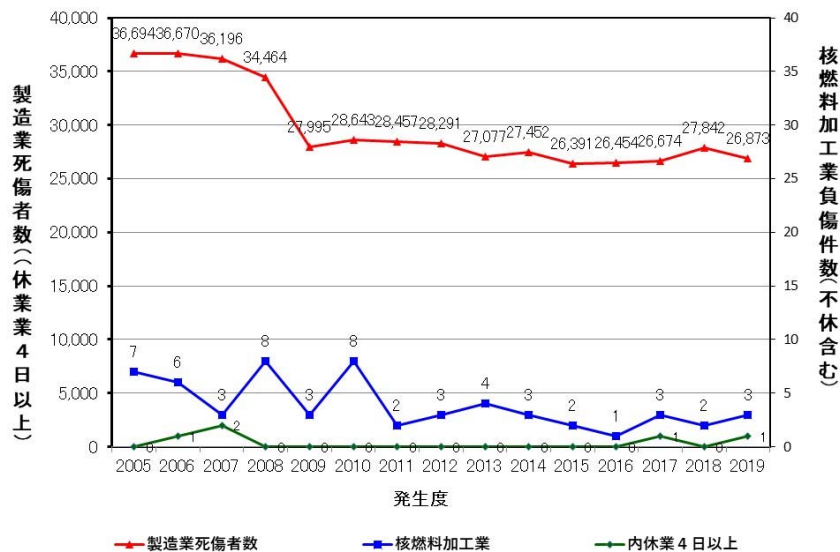
① 保安事故・労働災害の発生状況（2005 年～2019 年）

ア) 年別「保安事故」「労働災害」発生件数および死傷者数

過去 15 年間（2005 年～2019 年）の年別の保安事故および労働災害の発生件数は図Ⅱ-14-1 のとおりである。過去 15 年間で保安事故が 14 件、労働災害が 58 件（不慮災害を含む）となっている。また、保安事故および労働災害による死亡者はなく、休業 4 日以上労働災害は 4 件、休業 4 日未満は 2 件、不慮は 52 件となっている。発生件数は年により多少のバラツキがあるものの、2011 年以降は生産が大きく落ち込んでいることもあり、災害等の発生件数は減少傾向にある。



〔図Ⅱ-14-1 年別「保安事故」および「労働災害」発生件数（2005 年～2019 年）〕

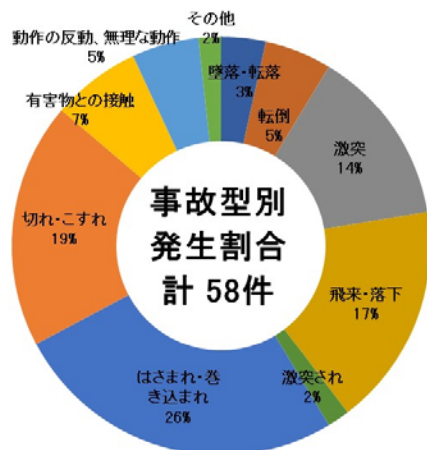


〔図Ⅱ-14-2 発生年別死傷者数（2005年～2019年）〕

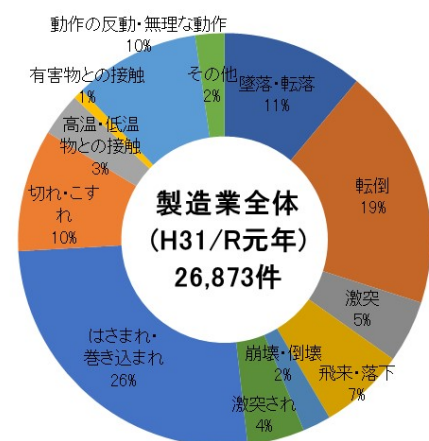
イ) 事故型別「保安事故」および「労働災害」発生割合

事故型別では、保安事故では法令報告該当事象と火災が各7件、労働災害では全58件のうち、はさまれ・巻き込まれと切れ・こすりで全体の約半数を占めている。なお、体の部位別では手の負傷が最も多くなっている。

保安事故はいずれも施設外部への影響はなかったが、原因究明から再発防止の対策が完了するまで、長期間工程を停止しての対応となる。原子燃料を加工する施設での事故は規模に係らず大きな関心を集める。加工各社とも原子力安全と労働安全の確保を全てに優先させることを方針としている。



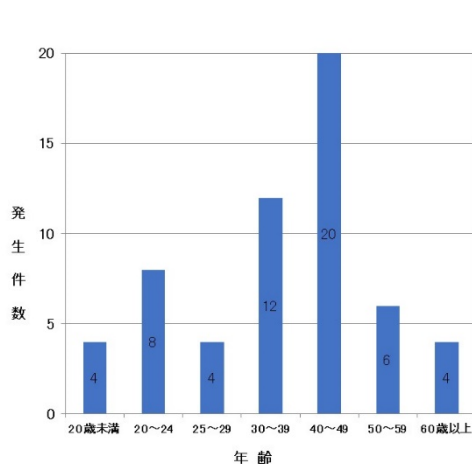
〔図Ⅱ-14-3 核燃料加工業の事故型別労働災害発生割合（2005年～2019年）〕



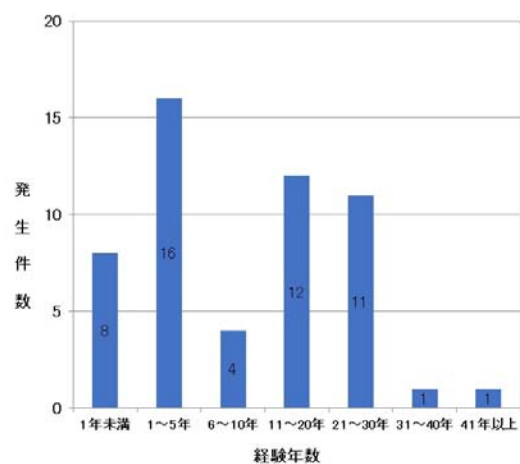
〔図Ⅱ-14-4 国内全製造業の事故型別死傷災害発生割合（2019年）〕

ウ) 年齢および経験年数別「労働災害」負傷者数

負傷者を年齢別に見ると、40代が最も多くなっている。2011年の東日本大震災以降の人員削減、定期採用の見送り等により人員構成が変化し、毎年、作業者の平均年齢が上昇していくと考えられる。また、限られた人員で多種の作業に対応する必要も生じてくる。経験年数別では経験の浅い作業者だけでなく、経験年数の長い作業者も被災していることから、中高年に配慮した作業環境づくり、導入教育や定期教育の充実が重要となる。



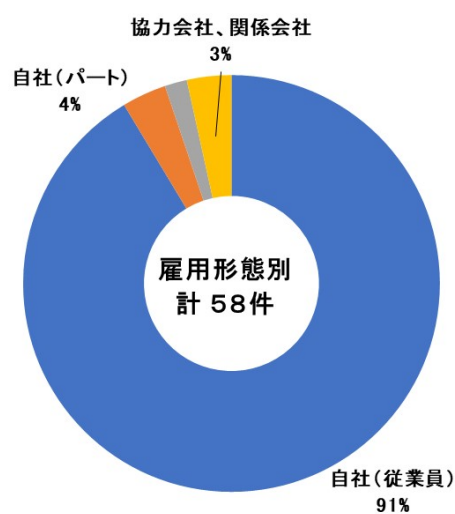
〔図Ⅱ-14-5 年齢別労働災害負傷者数
(2005年～2019年)〕



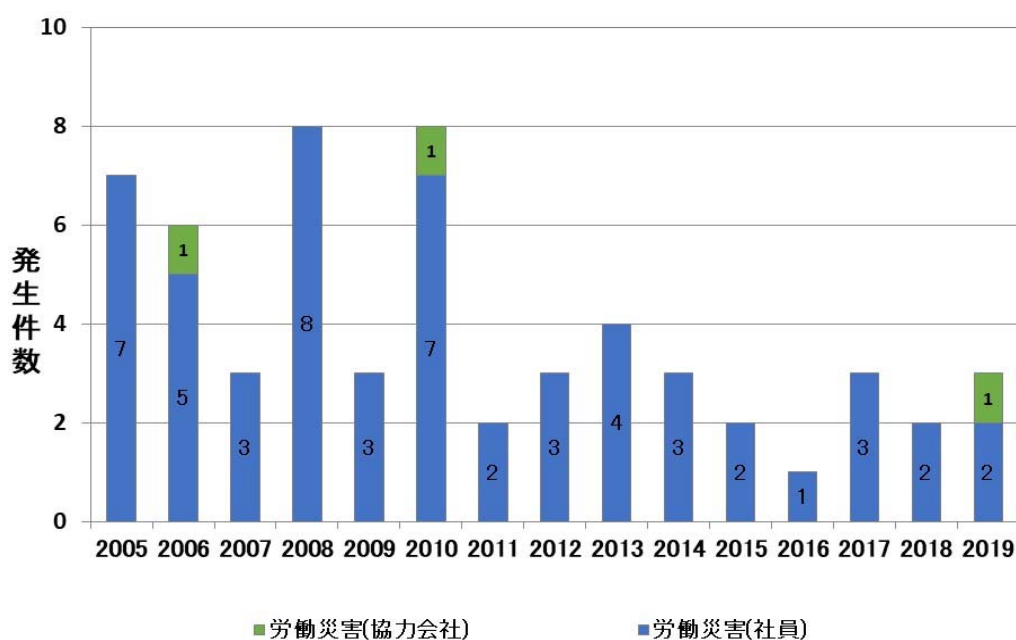
〔図Ⅱ-14-6 経験年数別労働災害負傷者数
(2005年～2019年)〕

エ) 雇用形態別「労働災害」発生割合

雇用形態別では自社員が90%以上を占めている。これは核燃料の加工に従事する作業者は自社員であり、付帯作業等に従事する協力会社の作業者の割合は小さいことによる。



〔図Ⅱ-14-7 雇用形態別負傷者数割合 (2005年～2019年)〕



〔図Ⅱ-14-8 雇用形態別「労働災害」における負傷者数推移〕

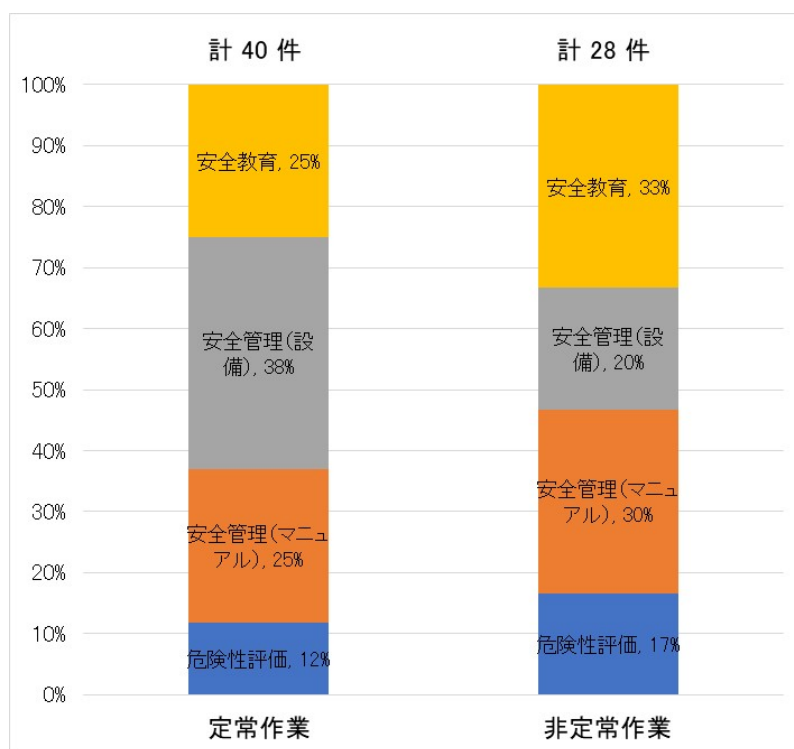
オ) 原因別「保安事故」および「労働災害」発生割合

原因別の発生割合を調査するにあたり、多くの事故・災害で複数の原因が挙げられていることから、原因が複数の場合は均等に按分して振り分けた。この結果、定常作業においては設備に起因するものがトップを占めた。加工事業において取扱う製品は燃料体のみである。性能の向上を図った燃料開発を行い設計変更が行われているが、燃料体のデザインが大きく変わることはなく、従って生産設備が大きく変わることはない。また、放射性固体廃棄物の発生を極力抑えることも重要で、長期間使用を続ける設備は多い。このため、きめ細かな保守計画の策定や新しい知見を取り入れた安全対策の積極的な導入が求められる。

原子燃料の加工はほとんどが自動化されており、作業者は機械の操作や監視が主な業務となるが、どうしても人が介在しなければならない作業があり、危険性評価の結果に基づき機械の本質安全化への取組みを行うと共に、手順書の整備を含めた管理面の対策や教育も重要である。

非定常作業においては、マニュアル、教育、危険性評価の重要性がうかがえる。特に臨時に行う作業については、リスクの見積を正しく行う力を身に付け、安全に作業をするために必要な措置（設備、作業手順、保護具、教育等）を講じることにより労働災害を防ぐことができる。

保安事故や労働災害が発生したときは、詳細な事故調査を行うことが重要である。原因を単にヒューマンエラーで済ませるのではなく、設備面や管理面で不備がなかったか、更なる改善点はないかを徹底的に調べ、安全対策を行う際の優先順位、即ち、廃止・代替・工学的・管理的・保護具、に則った対応を行うことにより、リスクが低減できる。



〔図Ⅱ-14-9 原因別「保安事故」および「労働災害」発生割合（2005 年～2019 年）〕

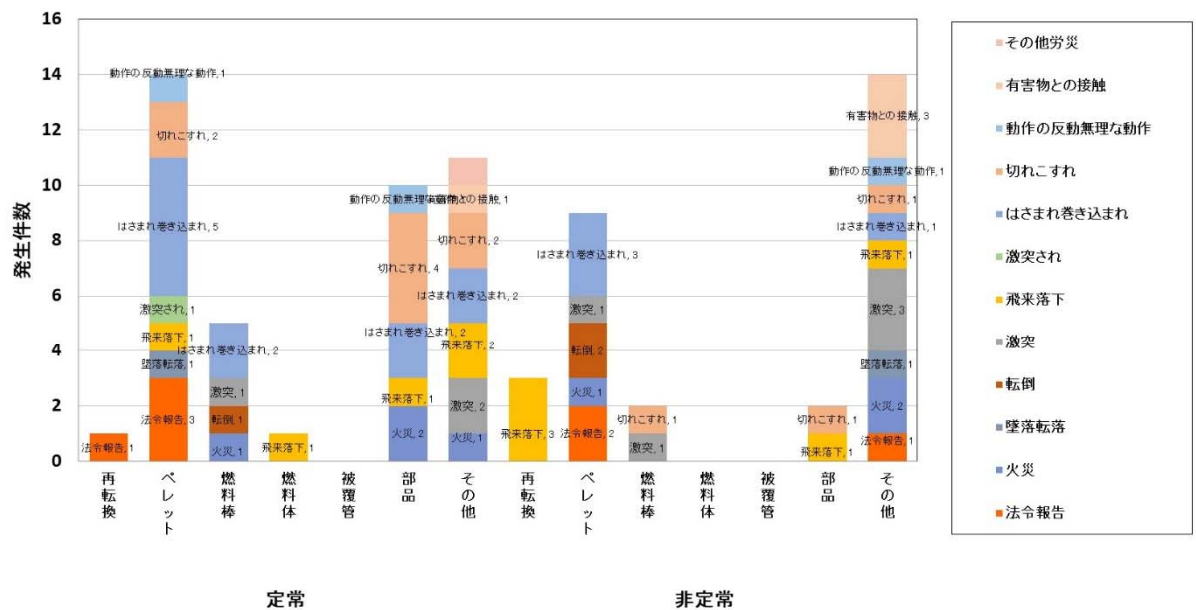
② 製造プロセスにおける工程別事故型別「保安事故」および「労働災害」の発生状況

工程毎に発生状況および潜在危険性をみると、保安事故（法令報告該当事象）は核燃料物質を非密封で扱う工程（再転換および粉末・成形から被覆管への装填まで）でリスク管理が重要になる。特に水素を扱う工程では、その重大性（影響度）の大きさから、水素爆発のリスクを徹底的に排除する必要がある。保安事故（火災）はジルカロイの切屑・切粉が発生する工程でリスクが存在する。ジルカロイは被覆管や燃料部品の材料として使われ、そのままでは燃えにくい、薄片や粒子化すると静電気等でも燃焼する性質があることから、生産活動で発生した切屑等は火災リスク低減のため、水没管理などの措置を確実に行う必要がある。

労働災害は、はさまれ・巻き込まれ、切れ・こすれが多く、多くの工程で発生している。設備・機器の設置、修理、調整又は保守作業においては、危険なエネルギーを遮断し、安全な状態を確保してから作業を行うこと、また、手の怪我が多く発生していることから、手が入らないような設備の改善や治具の使用等が有効と考える。

[表Ⅱ-14-1 核燃料加工事故型発生件数（2005 年～2019 年）]

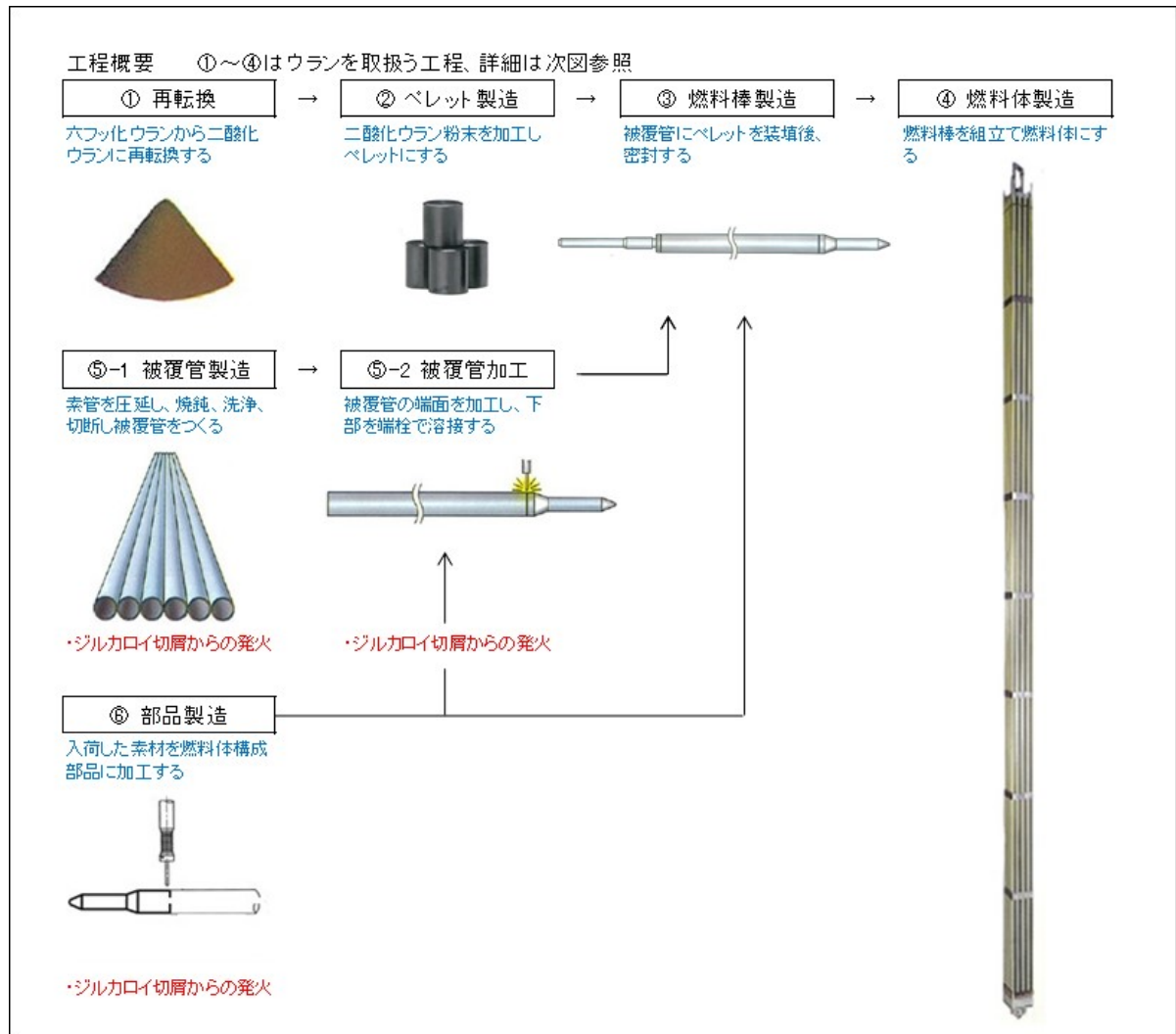
災害分類		保安事故				労働災害																				小計		
工程名	法令報告		火災		墜落転落		転倒		激突		飛来落下		激突され		はさまれ巻き込まれ		切れこすれ		有害物との接触		動作の反動無理な動作		その他					
	定	非	定	非	定	非	定	非	定	非	定	非	定	非	定	非	定	非	定	非	定	非	定	非	定			非
① 再転換	1											3															1	3
② ペレット	3	2		1	1			2		1	1		1		5	3	2				1						14	9
③ 燃料棒			1				1		1	1					2			1									5	2
④ 燃料体											1																1	0
⑤ 被覆管																											0	0
⑥ 部 品			2								1	1			2		4	1			1						10	2
⑦ その他		1	1	2		1			2	3	2	1			2	1	2	1	1	3		1	1				11	14
小計	4	3	4	3	1	1	1	2	3	5	5	5	1	0	11	4	8	3	1	3	2	1	1	0			42	30
中計	7		7		2		3		8		10		1		15		11		4		3		1				合計	
合計	14				58																				72			



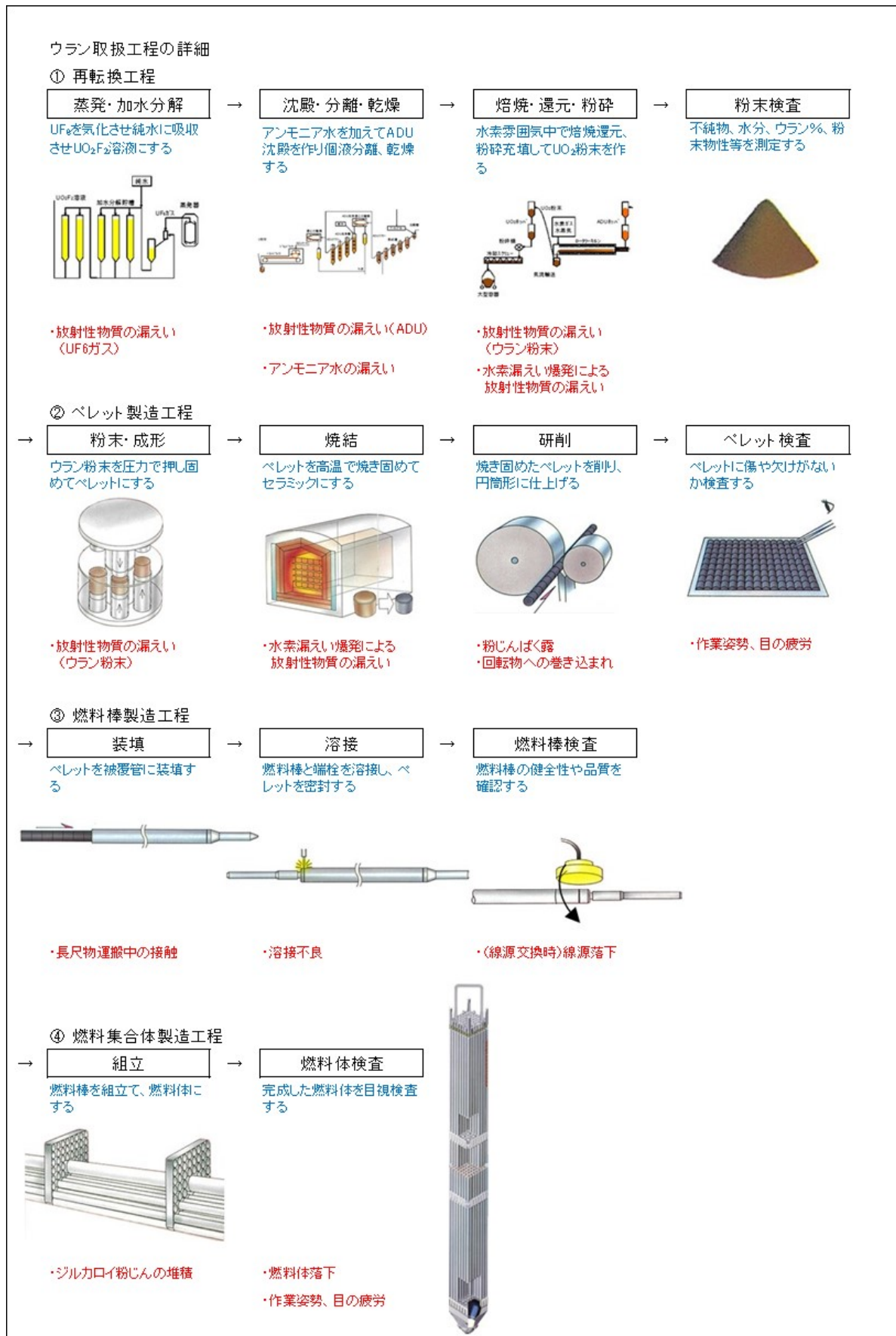
[図Ⅱ14-10 核燃料加工工程 工程別事故型発生件数（2005 年～2019 年）]

(2) 潜在危険性（ハザード）と安全対策

保安事故および災害事例をもとに工程毎の潜在危険性（ハザード）と安全対策をまとめた。加工施設における重大な保安事故や労働災害は、事業の継続に重大な影響を及ぼすため、絶対に発生させないという強い決意で一人ひとりが取組まなければならない。



【図Ⅱ-14-11 核燃料加工フローと主な潜在危険性（ハザード）（工程概要）】



〔図Ⅱ-14-12 核燃料加工フローと主な潜在危険性（ハザード）（工程詳細）〕

【表Ⅱ-14-2 核燃料加工における潜在危険性（ハザード）と安全対策】（工程別）

工程	潜在危険性（ハザード）		安全対策
	保安事故	労働災害	
再転換	・ 水素漏えい爆発による放射性物質の漏えい ・ 放射性物質の漏えい（ウラン粉末）	・ 放射性物質との接触、吸引	安全管理（設備）（水素検知器、緊急遮断弁、警報装置、局排） 安全管理（マニュアル）（作業手順）（保護具） 安全教育（導入・定期教育、作業者認定、緊急時対応訓練）
ペレット製造	・ 水素漏えい爆発による放射性物質の漏えい ・ 放射性物質の漏えい（ウラン粉末）	・ 放射性物質との接触、吸引	安全管理（設備）（水素検知器、緊急遮断弁、警報装置、局排） 安全管理（マニュアル）（作業手順）（保護具） 安全教育（導入・定期教育、作業者認定、緊急時対応訓練）
燃料棒製造	・ ジルカロイ切屑からの発火		安全管理（設備）（消火設備） 安全管理（マニュアル）（作業手順）（保護具） 安全教育（導入・定期教育、作業者認定、緊急時対応訓練）
燃料体製造	・ ジルカロイ切屑からの発火	・ クレーン、フォークリフトとの接触	安全管理（設備）（消火設備） 安全管理（マニュアル）（作業手順、点検、清掃、作業計画、立入規制、誘導員配置） 安全教育（導入・定期教育、作業者認定、緊急時対応訓練）
被覆管製造	・ ジルカロイ切屑からの発火		安全管理（設備）（消火設備） 安全管理（マニュアル）（切屑管理手順、点検、清掃） 安全教育（導入・定期教育、作業者認定、緊急時対応訓練）
部品製造	・ ジルカロイ切屑からの発火	・ 加工設備へのはさまれ、巻き込まれ	安全管理（設備）（安全装置、安全柵、消火設備） 安全管理（マニュアル）（切屑管理手順、点検、清掃、不具合時の対応手順） 安全教育（危険認識、作業者認定、緊急時対応訓練）

〔表Ⅱ-14-2 核燃料加工における潜在危険性（ハザード）と安全対策〕（共通）

工程	潜在危険性（ハザード）		安全対策
	保安事故	労働災害	
保守、点検、修理	・ 火災（溶接、溶断）	・ 有害エネルギー（電気、圧力、化学物質等）の放出による負傷（感電を含む） ・ 閉所（酸欠）	安全管理（設備）（ロックアウト・タグアウト、閉所表示） 安全管理（マニュアル）（非定常作業管理手順） 安全教育（各種資格の取得、救出訓練）
高所作業		・ 高所からの落下	安全管理（設備）（足場、安全柵、安全ブロック） 安全管理（マニュアル）（高リスク作業手順） 安全教育（体感教育、特別教育）
化学物質取扱い	・ 漏えい	・ 有害物との接触	安全管理（設備）（局所排気装置、防液堤、漏洩検知器） 安全管理（マニュアル）（リスクアセスメント、使用許可承認、使用量／保管量の把握、不要薬品の廃棄） 安全教育（SDS 教育、緊急時対応訓練）
工事立会い		・ 有害エネルギー（電気、圧力、化学物質等）の放出による負傷（感電を含む） ・ 車両系荷役運搬機械	安全管理（設備）（ロックアウト・タグアウト） 安全管理（マニュアル）（工事計画事前審査、作業計画、作業前打合せ、KY、巡視、立入制限、誘導員） 安全教育（工事立会者教育）

(3) 安全対策の推進

加工 3 社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（ハザード）および安全対策に関する検討を踏まえ、より一層の安全確保の充実に図るため、以下の方策を推進する。

① 核燃料加工業の各プロセスにおける潜在危険性（ハザード）に基づく安全対策の実施

今回は工程別と各工程共通の作業における潜在危険性（ハザード）とそれを回避するための安全対策の充実に図った。この情報を更に充実させると共に、各社で実践している対策の中でもベストプラクティスとして他社の参考になるものを相互に紹介していきたい。

② 保安事故、労働災害事例の分析と共有

引き続き事例の収集と分析から得られた傾向や知見を各社の安全対策の推進に活用し、業界全体の安全向上につなげていく。

(4) PDCAサイクルによる改善実績

加工 3 社における継続的改善のための取組みを以下に示す。

① マネジメントシステムの構築と運用

加工 3 社では、安全衛生に係るマネジメントシステム及び原子力安全に係る保安品質マネジメントシステム等を構築し、運用を行っている。これは安全文化の醸成に関する活動を含んでいる。

② リスクアセスメントの実施とリスク低減活動

安全衛生（化学物質を含む）及び原子力安全に係るリスクアセスメントを実施し、優先順位をつけて対策を行っている。リスクアセスメントは定期的な見直しや工程・設備の新規導入・変更時の見直しに加え、保安事故や労働災害が発生した時も当該作業のリスクアセスメントを見直し、リスク低減対策を実施している。

③ 危険体感訓練

種々の安全対策を実施した結果、近年、休業 4 日以上となるような労働災害は減少している。一方、ベテランが定年で退職し、事故や災害の経験がない作業員が増えたことにより、危険に対する感度の低下が懸念される。このため、グループ会社や所属団体が運営する施設等で危険体感訓練を受けることにより、危険を認識する力の維持・向上を図っている。

(5) 安全文化醸成の取組み

安全文化は、組織及びそれを構成する個人が安全を最優先する風土や気風のことをいい、1986 年に発生したチェルノブイリ事故をきっかけに国際原子力機関（IAEA）が提唱し、生まれた言葉である。原子力産業に携わる全ての人々が安全を最優先に考える価値観を共有すべく、加工 3 社では、安全文化醸成のための活動に継続的に取り組んでいる。

各社、方針を定め、トップが安全文化醸成（原子力安全を最優先とした操業）をコミットし、様々な活動を展開している。取組みの達成状況を評価するため外部（原子力安全推進協会（JANSI））による安全文化アンケート（3年に1度）や現場診断を受け、安全文化が醸成された状態と現状とのギャップを把握し、継続的な改善を図っている。

15. 核燃料加工及びジルコニウム製造事業者としての取組み（フォローアップ）

2011年3月11日に発生した東日本大震災以降は原子燃料の需要が大きく落ち込み、加工事業に大きな影響を与えている。一方、原子力事業者が二度と事故を起こさないよう従来の規制が見直され、2013年12月18日に新しい規制基準が制定され、大規模な自然災害やテロに対する対策強化が義務化された。事業を継続するためには、加工事業者も新規制基準に適合しなければならず、各社で対応を進めている。

新規制基準は経過措置として5年間の猶予期間があり、2018年12月17日までは従来の基準で生産活動を行うことができたが、以降は新規制基準に適合しなければ原子燃料の生産が出来ないため、新規制基準への適合のための活動に注力している。既に取得した核燃料物質加工事業変更許可に基づき、設計及び工事の方法の認可の申請を行い、認可を得た後に耐震補強等の工事に順次着手している。現在は、核燃料物質を取扱う工程を全て停止し、複数の外来業者による大掛かりな耐震補強等の工事が社内各所で行われているため、通常とは異なるリスクの管理と工事の安全管理を徹底し、本格化している工事を事故なく安全に完遂するため、次の検討並びに対策を行っている。

（1）工事管理

耐震補強等の工事は大掛かりで種々の高リスク作業を伴う。また、これまでにない規模の人数の外来業者が構内で作業を行うことが想定される。

- ・ 個々の工事のリスクアセスメントの実施方法、実施時期
- ・ 火災を発生させないための防火管理及び既存の消防用設備の維持管理
- ・ 工事安全及び外来作業者の管理
- ・ 近隣住民への配慮・コミュニケーション

（2）設備保全

生産再開まで生産設備等を長期間停止することになる。長期停止中も機能を維持し、また、長年使用している設備については経年劣化も考慮した保全が必要となり、更に生産再開に向けた設備の立ち上げも必要となる

- ・ 設備保全計画の策定
- ・ 生産再開に向けての設備の立ち上げ

（3）作業管理

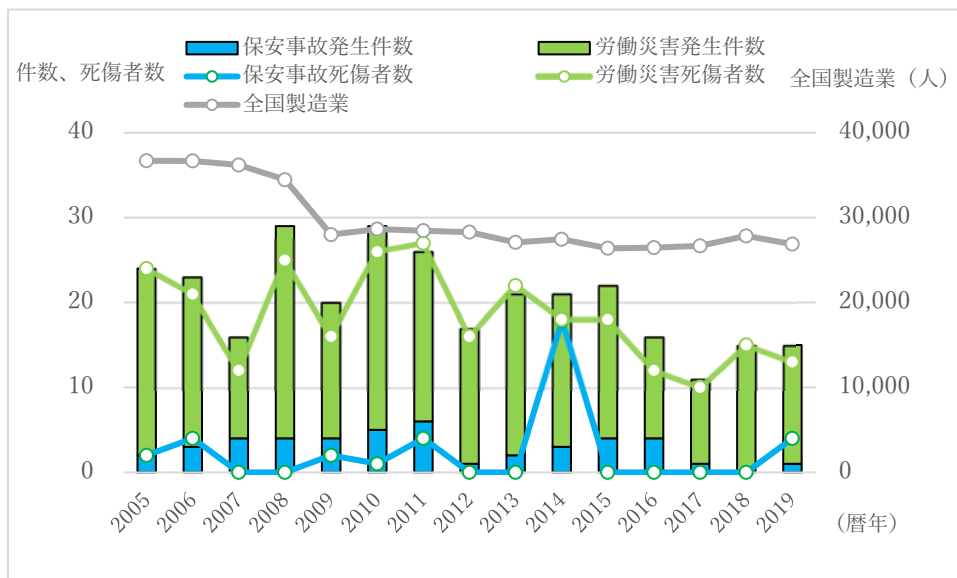
これまで原子燃料の取扱い等に従事していた社員は工事に関わるようになっていく。

- ・ 作業者の適正配置、多能職化
- ・ 安全に対する感度、モチベーションの維持・向上
- ・ 新規制基準対応に係る工事の立会者の力量の強化

16. 新金属協会部会加盟各社の保安事故・労働災害の発生状況の解析

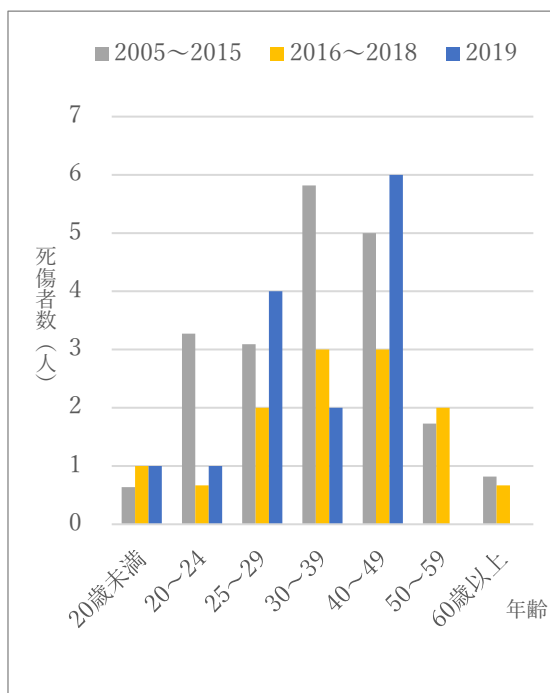
(1) 保安事故・労働災害の発生状況

〔図Ⅱ-16-1 保安事故・労働災害の発生状況〕

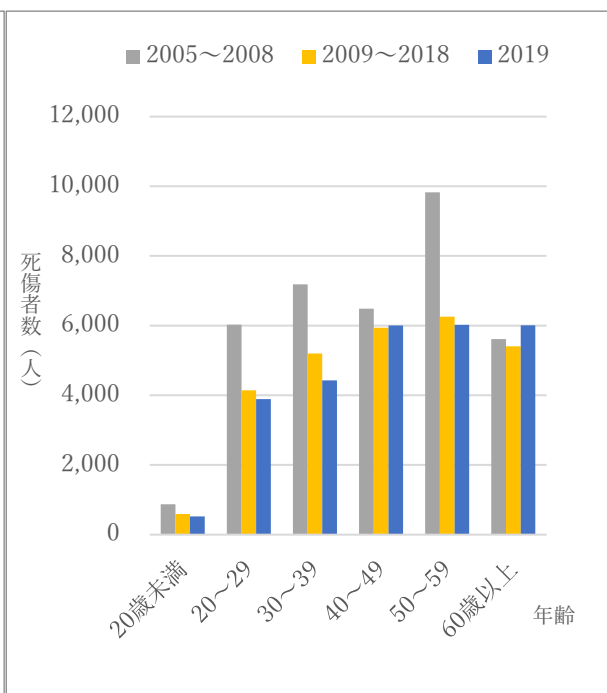


2016年以降、保安事故・労働災害ともに減少傾向にあるものの2019年は、保安事故1件、労働災害14件が発生、17名の負傷者が発生した。

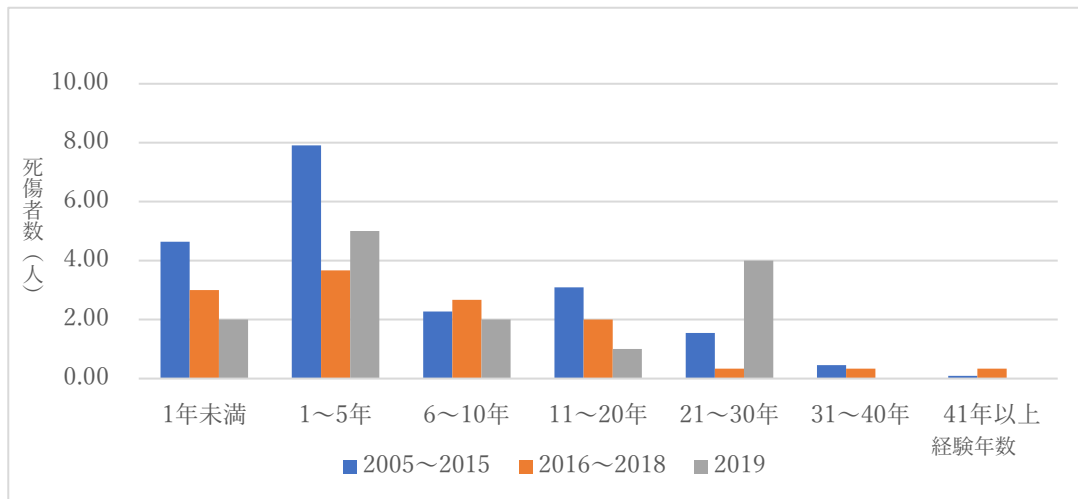
(2) 年齢別経験年数別労働災害死傷者数



〔図Ⅱ-16-2 年齢別労働災害死傷者数
(新金属協会) 〕



〔図Ⅱ-16-3 年齢別労働災害死傷者数
(全国製造業) 〕

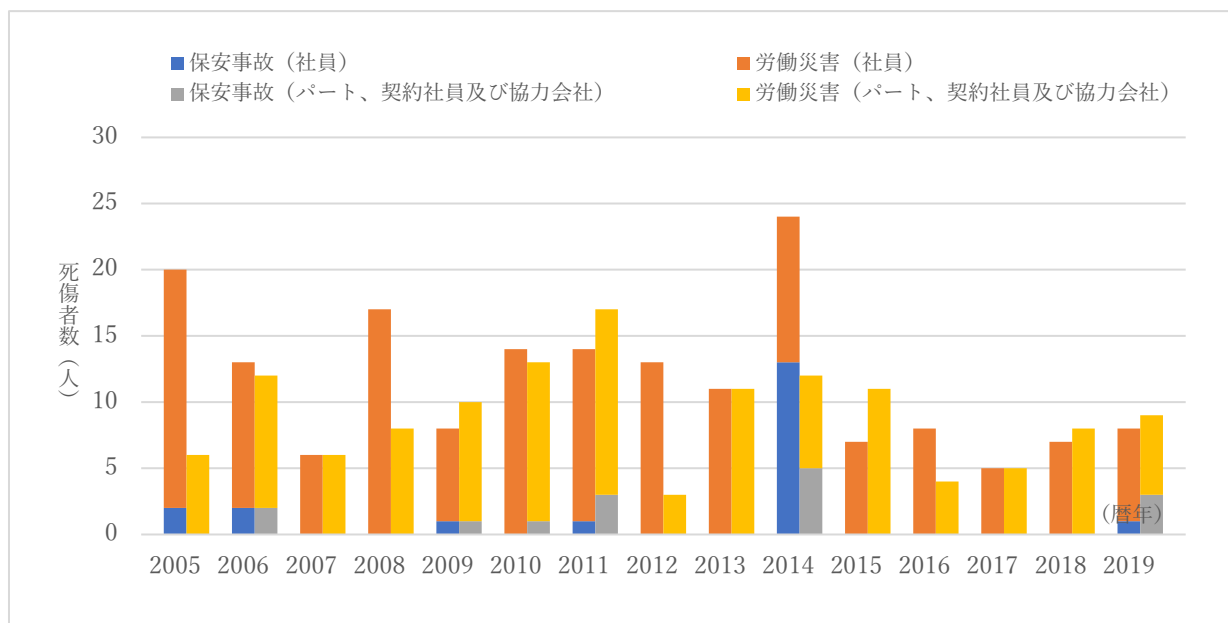


〔図Ⅱ-16-4 経験年数別労働災害死傷者数（新金属協会）〕

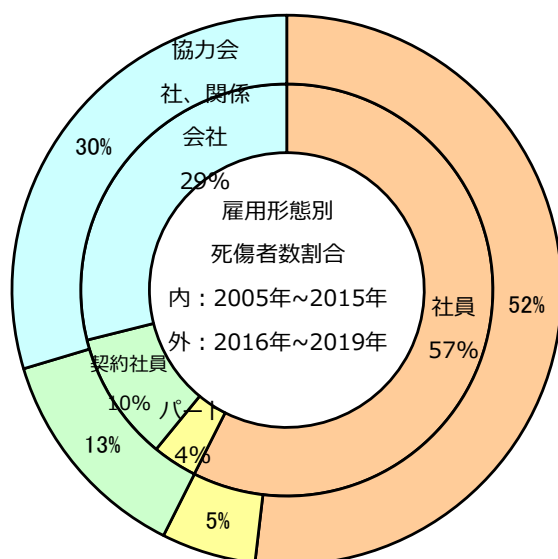
労働災害における死傷者数の内訳をみると、年齢とともに増加し、40代がピークとなっている。製造業全般では年齢とともに増加する傾向は同じであるが、40歳を超えると一定となっており、傾向が大きく異なっている。

経験年数においては1年未満、5年以内の若手、初心者の災害が多いが、2019年は20年を超えたベテランが急増した。

（3）雇用形態別の保安事故・労働災害死傷者数



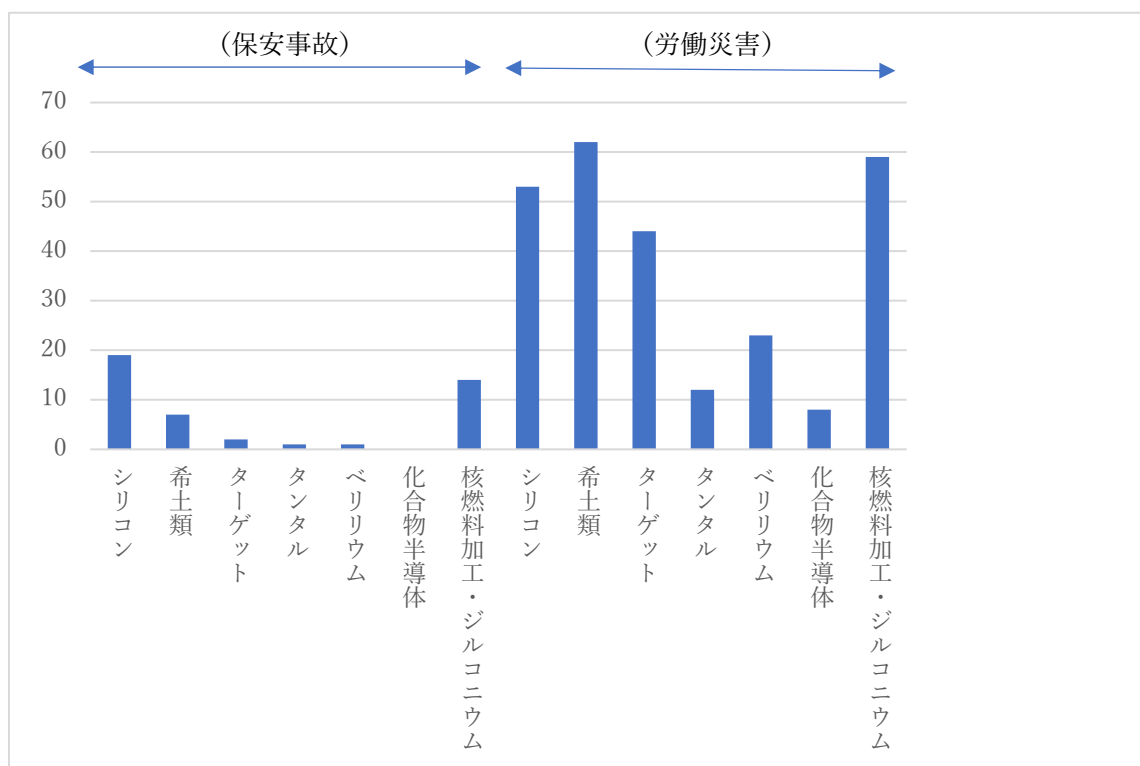
〔図Ⅱ-16-5 雇用形態別労死傷者数推移〕



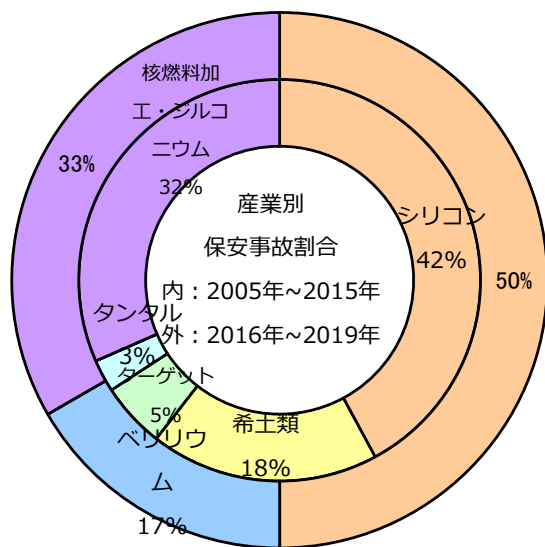
雇用形態別の死傷者数で累計で社員が6割を占めているが、直近では派遣社員が増加し、社員、社員外ではほぼ同数となっている。

〔図Ⅱ-16-6 雇用形態別労働災害死傷者数〕

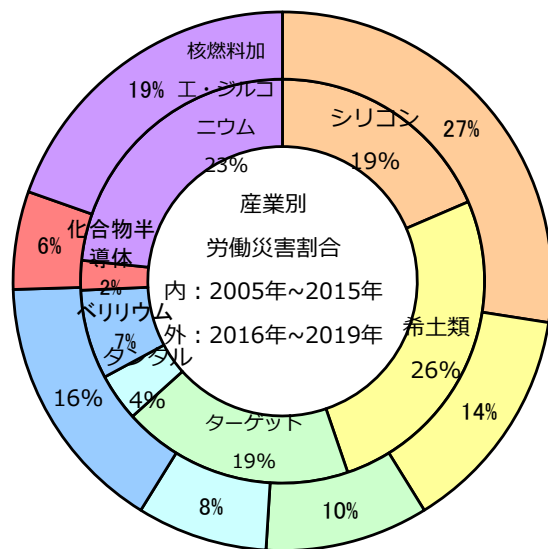
(3) 産業別保安事故・労働災害の発生状況



〔図Ⅱ-16-7 産業別保安事故・労働災害の発生数〕



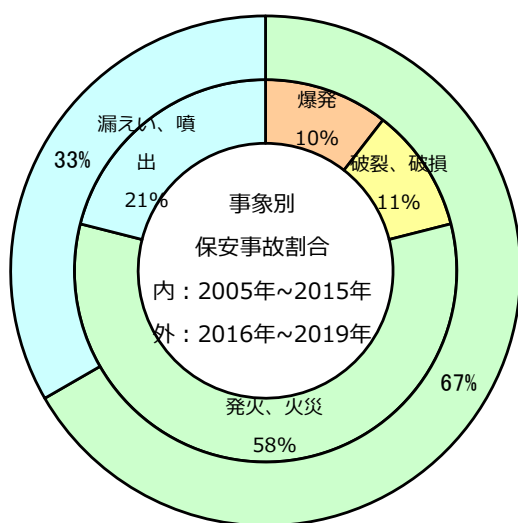
〔図Ⅱ-16-8 産業別保安事故発生数〕



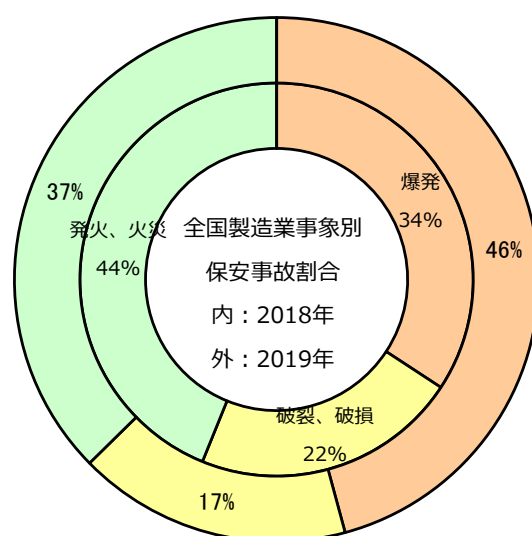
〔図Ⅱ-16-9 産業別労働災害発生数〕

産業別では、保安事故でシリコン、ベリリウムが増加、希土類、ターゲット、タンタルはゼロを継続している。労働災害でもシリコン、ベリリウムが増加、件数ではそれに加えて希土類、核燃料加工・ジルコニウムが多くなっている。

(5) 保安事故の事象別解析



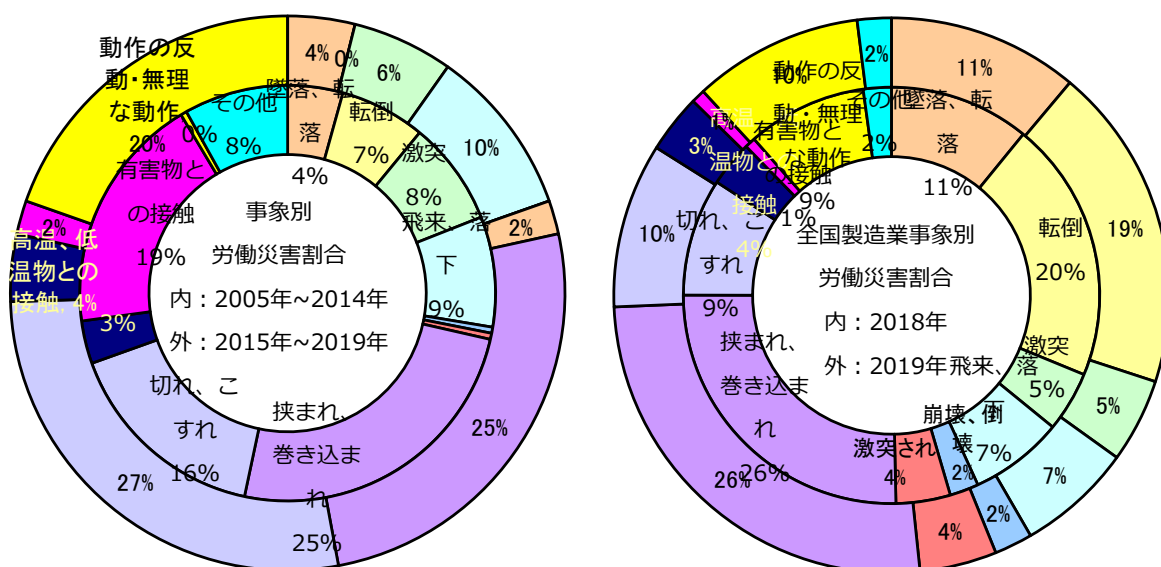
〔図Ⅱ-16-10 事象別保安事故発生数〕



〔図Ⅱ-16-11 事象別保安事故発生数(全国製造業)〕

保安事故の事象としては、全国製造業と比べると発火・火災が多く、直近では7割近くを占めている。また漏えい・噴出が多いことも特徴である。

(6) 労働災害の事象別解析



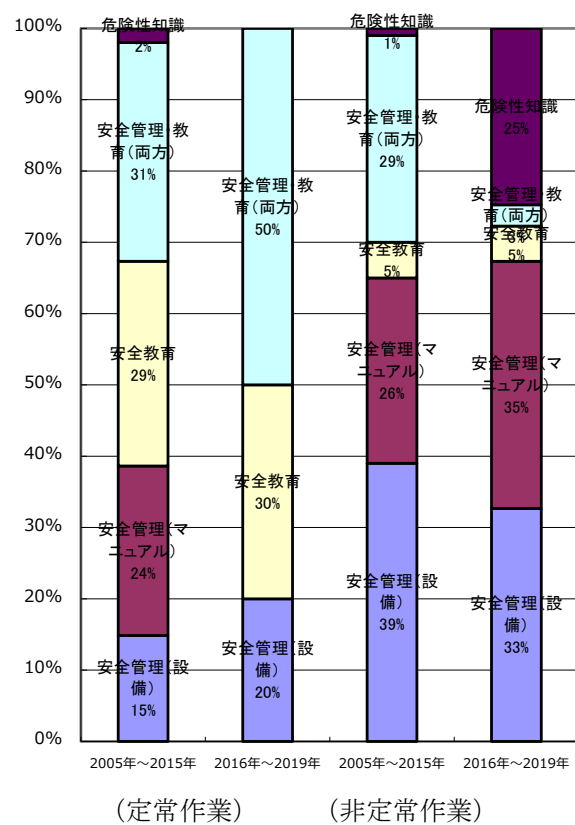
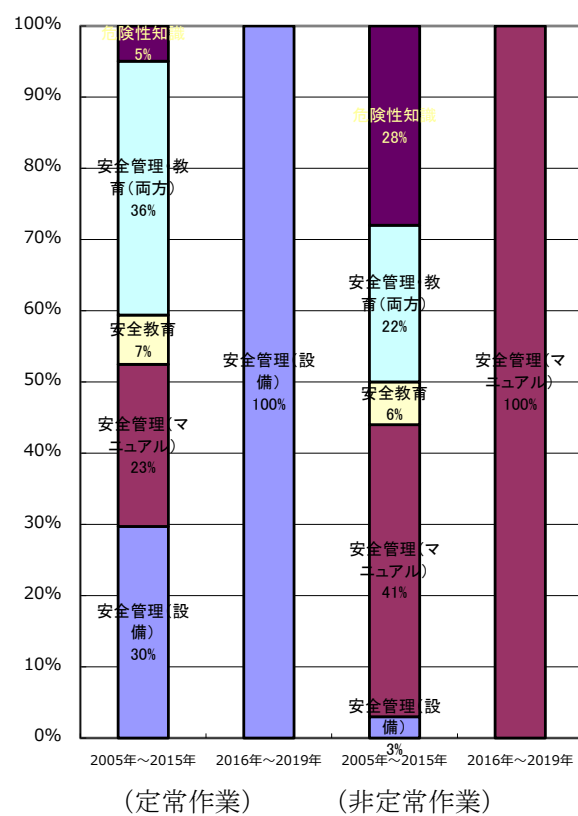
[図Ⅱ-16-12 事象別労働災害発生数] [図Ⅱ-16-13 事象別労働災害発生数（全国製造業）]

労働災害の事象としては、全国製造業と比べると切れ・こすれが多く、挟まれ・巻き込まれ、動作の反動・無理な動作とともに3大事故と言え、増加傾向にある。

(7) 保安事故・労働災害の間接要因

保安事故・労働災害の間接要因について、保安事故では定常、非定常作業で傾向が異なり、定常作業では安全管理（設備）、非定常作業では安全管理（マニュアル）の不備が挙げられている。

労働災害も定常、非定常作業で傾向が異なり、定常作業では安全管理（設備、マニュアル）の不備、非定常作業ではこれらに加え、危険性知識の不足が挙げられる。



[図Ⅱ-16-14 原因別発生要因（保安事故）] [図Ⅱ-16-15 原因別発生要因（労働災害）]

17. 部会各社の化学物質による健康障害の防止対策

2014年6月の労働安全衛生法一部法改正により、化学物質（640物質）のリスクアセスメントの実施が義務化された。2017年3月には、対象物質が27物質追加された。これらの法改正を受け、2017年度の安全委員会において、各社の化学物質による健康障害の防止対策を情報交換した。取り扱い物質数、リスクアセスメント件数・手法について各社の取り組み状況を確認した。

各部会・各社で取り扱い物質は異なり、工程の中で取り扱われている化学物質は、13～310物質を扱っていることが分かった。製品としても、数十種類の化学物質が含まれていることが分かった。

リスクアセスメントの手法は、マトリクス法、コントロールバンディング法などをはじめとして、各社での評価し易い方法を選択している。また、物質についてリスクアセスメントする方法にて評価を行っている会社と使用量・使用頻度など作業単位で細かくリスクアセスメントしている会社にも分けられた。

各社では、これらのリスクアセスメントによる改善を検討しながらも、設備の完全密閉化や代替物質の使用が難しいことから、化学物質との接触の可能性（リスク）をゼロにすることができず、保護具による対応箇所も少なからず存在する。

従って、作業者の安全衛生管理の面から、従業員に対して十分な周知を図るとともに、リスクアセスメントの定期的な見直しが重要になると考えられる。

2018年度においては、リスクアセスメントの手法を統一するなどの進展する方策を検討したが、各社での評価し易い方法を取っているため、変更等の必要はなく、手法への深い踏み込みも行わなかった。この結果、化学物質について、リスクアセスメント手法に関する事案の進展はなかった。

しかしながら、化学物質については、新しい知見の発見などにより、健康障害の防止対策の定期的な見直しは、必要となる。将来のために、項目を残し検討課題としたい。

2019年度においては、新しい知見の発見や法令改正を契機とする、健康障害の防止対策の見直しは行わなかった。新金属協会参加各社にて、化学物質のリスクアセスメントは確実に行われ、日々対策が進展していると考えられるが、共通の問題点を見出して、化学物質による健康障害の防止に努める動きを、将来のために、継続して検討課題としたい。

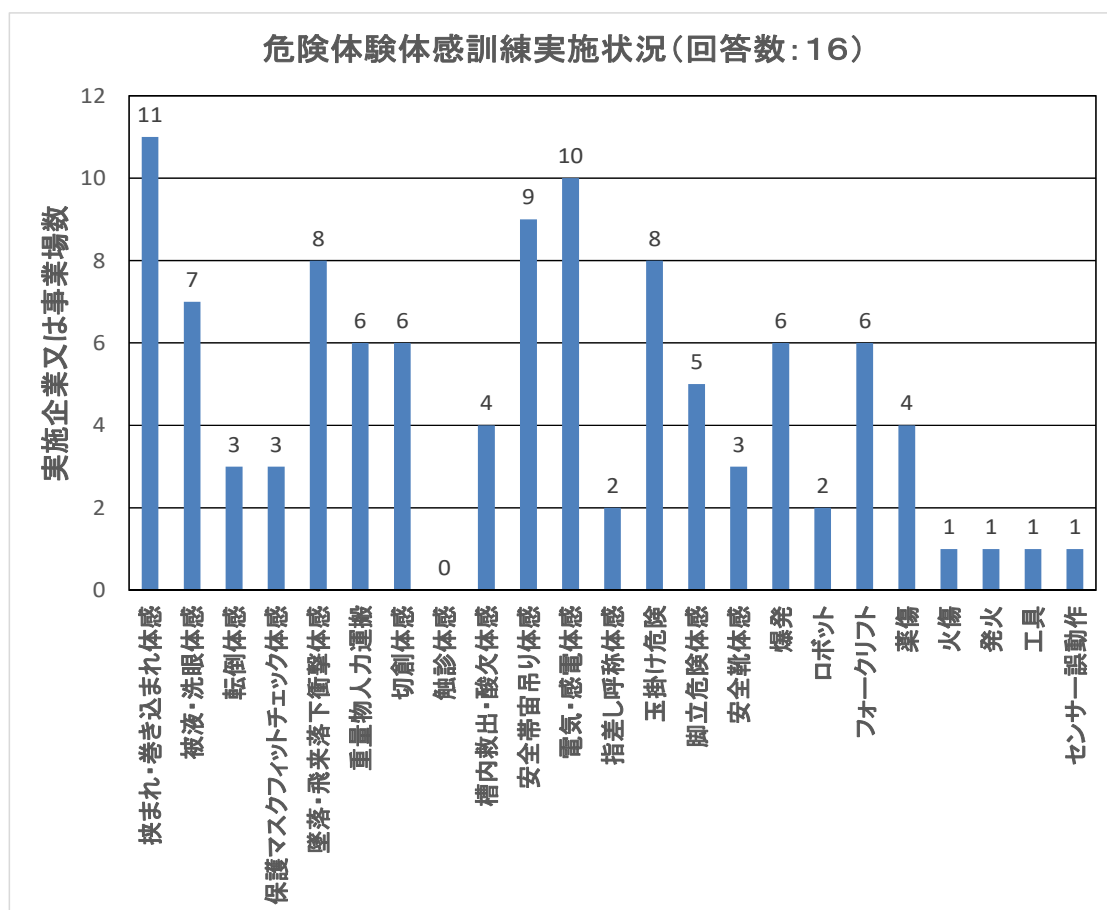
2020年度において、前年と同様、見直しは行わなかった。厚生労働省が発する『化学物質情報の更新情報』などの様々な情報をもとに、情報共有をおこなうような活動を検討課題としたい。

18. 部会各社の危険体感教育・設備

2017年度において、委員会の中で、各社の危険体感教育・設備状況について情報交換を行った。[図Ⅱ-18-1 危険体験体感訓練実施状況まとめ]参照

本協会においては、産業界の重大災害などを受け、各社、安全対策に力をいれていることから、相対的に重大事故・災害は、減少傾向にある。

しかし、熟練作業者の定年退職とともに、若年層・経験不足の作業が増える中で、経験不足や危険感受性の低下などが原因での事故も後を絶たない状況にある。そうした背景もあり、従来の座学による安全教育に加え体験型の教育として、近年、危険体感教育が重要視されつつあり、各社において自社の設備や近隣の会社の設備を利用して、安全教育の充実を図っている。



[図Ⅱ-18-1 危険体験体感訓練実施状況まとめ]

部会各社において情報交換を行った中、自社に体感設備を持っている会社、外部講習を受けている会社の一方、有用とは感じているものの投資や近隣施設が無いなどで、危険体感教育は、未実施という会社も見られた。また、自社に体感設備を持っている会社は、従業員、グループ会社や協力会社を講習対象者としており、外部への開放まで行われていなかった。

図中、横軸の項目で、「爆発」：小規模な、急激な反応や粉塵爆発体感

「ロボット」：ロボットの誤作動体感「フォークリフト」：死角体感
「発火」：自然発火体感、「工具」：工具取り扱い体感
である。

設備については、挟まれ・巻き込まれ、落下・飛来衝撃体験、電気・感電体験という基本的設備に、各社が独自に必要な体験設備を備えている。さらには、VR（バーチャルリアリティ）を導入している会社もある。

危険体感設備も、慣れによる陳腐化という状態も懸念されるため、各所でバージョンアップを図り、新鮮味を維持する努力が払われている。

新金属協会安全委員会では、各社導入の設備のまとめについて更新を図っていき、会社間での設備の融通なども視野に入れ、安全教育の充実を図っていききたい。

2018年度においては、フォローアップを行い、各社の設備についてリスト更新を行った。

製造業各分野における体感安全教育については、『官民協議会』において、体系化を図っている。体感安全教育項目の実態調査を行い、各階層が必要としている体感安全教育項目や体感安全教育項目を提供可能な企業等の調査を行っている。

この『官民協議会』の取り組みに倣い、新金属協会加盟各社の設備については、今後、考察を検討したい。

また、安全委員会として、各社の体感安全教育設備の見学の可否の確認、見学の計画を検討し、安全については垣根の無い、安全文化の醸成に向けて、業界の垂範となる活動方針の議論も今後行いたい。

2019年度においては、2020年2月に三菱マテリアル(株)の『安全教育センター(緑館)』への見学会・意見交換会を行った。設備の充実やマンネリの打破など多くの意見が出され、積極的な意見交換がなされ、見学者には有益な見学会・意見交換会となった。

2020年度においては、新型コロナウイルス感染症対応により、見学会・意見交換会の開催は困難であった。

体感安全教育については、VR（バーチャル・リアリティ）を活用する事例も散見できるようになり、より効果の高い教育効果が期待される。これらの情報についても、情報共有を図って、各社の安全対策のレベル向上を図っていく。

Ⅲ. 新金属協会の今年度の安全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、多結晶シリコン産業、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、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 2020 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. 安全委員会の活動

(1) 本委員会の開催

2020 年度において、本委員会は 2 回開催した。1 回は同日に勉強会をとして開催。新型コロナウイルス対応のため、リモート開催とした。

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) 行動計画の見直し

2020 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（2020 年度）においては、多結晶シリコン製造業、希土類製造業、タンタル製造業、ターゲット製造業、化合物半導体製造業、ベリリウム製造業および核燃料加工業、ジルコニウム製造業の解析を追加し、それぞれのフォローアップを行った。

今後も、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、引き続き理事会、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、事故事例等の統計についても、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。

(5) 事故情報（教訓）・安全対策・安全情報の共有

- ① 2020 年度においても、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。

(6) 教育訓練の支援

- ① 2020 年度においても、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た。

2021 年 1 月 13 日開催

『新型コロナウイルス感染症下の操業・安全管理におけるデジタル活用の動向』

千代田加工建設株式会社

デジタルトランスフォーメーション本部

デジタルプロダクト部 プラントデジタルツインセクション

セクションリーダー 久郷 信俊 先生

- 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。

(7) 今後について

- ① 安全意識向上に向けた取り組み

2020 年度は、近年、技術進展が目覚ましい IoT、ビッグデータ解析、AI などのデジタル技術を最大限に活用に関する講座を企画したほか、安全意識向上に関する社外セミナーの勧奨や見学会・意見交換会を実施した。

今後もこれを継続実施する。

また、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、表彰を行うなど、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検討の上、理事会に諮った。

② 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。2021年3月2日開催の協会理事会においては、行動計画（令和2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、2020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。

2. 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（令和2年度）については、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する。

以 上