

2008J6009A

厚生労働科学研究費補助金

(労働安全衛生総合研究事業)

静電気リスクアセスメント手法の確立

平成20年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 大澤 敦

平成21年4月

目次

総括研究報告

静電気リスクアセスメント手法の確立（大澤敦）	1
------------------------------	---

分担研究報告

静電気リスクアセスメントの現状調査（大澤敦，島田行恭）	3
-----------------------------------	---

静電着火リスク分析手法の骨子構築（大澤敦）	5
-----------------------------	---

従来分析手法の静電気リスクアセスメントへの適用（島田行恭）	11
-------------------------------------	----

研究成果の刊行に関する一覧	13
---------------------	----

資料

資料1「静電気リスクアセスメント手法の確立」のためのアンケート-1	15
---	----

資料2「静電気リスクアセスメント手法の確立」のためのアンケート-1 集計結果	25
--	----

静電気リスクアセスメント手法の確立

研究代表者 大澤 敦，労働安全衛生総合研究所上席研究員

研究要旨：本研究は、平成 18 年 4 月の改正労働安全衛生法の施行により努力義務が明示されるようになったリスクアセスメントが静電気においても的確に実施されるための支援技術として、静電気リスクアセスメント手法を確立することを目的としている。静電気リスクアセスメントの現状を把握して活用される手法を開発するため実態調査（事故事例分析、現場調査、アンケート調査、海外調査）を実施している。この結果を踏まえて、国際規格のリスクアセスメントの流れに準じて静電気リスク分析手法の骨子（静電気危険源の同定法、静電気着火リスクおよび静電気災害リスク見積法、FTA）を構築している。現在、事故事例応用と現場試験運用によって、このリスク分析手法の妥当性を確認している段階である。さらに、リスク分析支援ツールとして従来リスク分析手法の応用を検討中である。

研究期間

平成 20 年 4 月 1 日～平成 23 年 3 月 31 日（3 年間）

研究代表者

大澤 敦（労働安全衛生総合研究所上席研究員）

研究分担表者

島田行恭（労働安全衛生総合研究所主任研究員）

研究協力表者

泉 房男（産業安全技術協会）

太田 潔（住友化学安全工学センター）

三原一気（三菱化学 RC 推進部）

向殿政男（明治大学大学院工学研究科教授）

M. Glor (Swiss Inst. Safety & Security)

P. Holdstock (Holdstock Technical Services, UK)

J. Smallwood (Electrostatic Solutions, UK)

U. von Pidoll (PTB, Germany)

A. 研究目的

リスクアセスメントは欧州で十数年の試行錯誤の末に確立された事故未然防止の安全技術であり、グローバル・スタンダードになっている。我が国でも平成 18 年 4 月の改正労働安全衛生法の施行により、リスクアセスメントの努力義務が明示されるようになったが、静電気着火リスクの事前評価に適用する場合、実施者の知識不足からの確に実施されていないのが現状であると推測できる。その技術的支援としての基盤技術となる静電気リスクアセスメント手法を確立する。

B. 研究方法

B.1 静電気リスクアセスメントの現状調査

活用される手法とするために現状調査により実態を把握して開発手法のレベル、方針が決まる。

B.2 静電気リスク分析手法の骨子構築

ISO/IEC Guide 51 に示されているリスクアセスメント手法の流れをベースとしてリスク分析手法（危険源同定、リスク見積）の骨子を構築する。網羅・系統的に静電気危険源を抽出するために必要な要素を選定する。静電気着火リスクの見積法を提案する。

B.3 従来分析手法の静電気リスクアセスメントへの適用

プロセス産業を中心に従来から用いられているリスク分析手法を静電気に活用する。

（倫理面への配慮）

研究の性質上、倫理面の問題がないと判断する。アンケートは個人情報取り扱いに注意する。

C. 研究結果および考察

C.1 静電気リスクアセスメントの現状調査

静電気リスクアセスメントの現状を把握するために

- (1) 静電気事故事例分析
- (2) 現場調査
- (3) アンケート調査
- (4) 海外調査

を実施した。

担当者の認識・基礎不足から静電気リスクアセスメントが的確に実施されていない状況であることがわかった。支援技術として単に、機械的にできるようなフローやチェックシートなどを提供するだけでは本質的なリスクアセスメントの実施の支援にはなっていない。したがって、静電気安全の基礎を理解できるような工夫が開発手法に必須であると考えられる。

また、欧州ではエキスパートに委ねてリスクアセスメントが実施されていた。

C.2 静電気リスク分析手法の骨子構築

国際規格に示されているリスクアセスメントの流れをベースとして静電気リスク分析手法の骨子を構築している。容易に、また、網羅的に危険源を抽出できるようにするための静電気危険源の同定に必要な項目を選定した。この項目はフローとチェックリストに適用される。

マトリックス法を適用して静電気着火リスクの評価結果から静電気災害リスクを総合的に見積もる方法を開発している。

C.3 従来分析手法の静電気リスクアセスメントへの適用

プロセス産業を中心に従来から用いられているリスクアセスメント手法について調査し、長所、短所を整理した。より現実的な（現場で活用される）静電気リスクアセスメント手法を確立するためにはこれらの手法の長所を組み合わせ、体系化することが有用である。

D. 結論

当初の予想どおり静電気リスクアセスメントが適切に実施されていない状況であるので、静電気安全の基礎を学習できるような配慮が開発手法に必要である。

国際規格に示されているリスクアセスメントの流れをベースとして静電気リスク分析手法の骨子を構築した。今後は各工程に対応するためこの骨格に細部を肉付けして、実態に即した活用される静電気リスクアセスメント手法を構築する予定である。

さらに、従来手法を組み合わせたりリスクアセスメント手法の体系化について検討して、静電気リスク分析の支援ツールを開発する。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

F.1 論文発表

- (1) Ohsawa A, "Prevention criteria of electrostatic ignition by a charged cloud in grounded tanks," J. Electrostat., (in press)

F.2 学会発表

- (1) 大澤敦, "電界中の絶縁導体の火花放電エネルギーの計算," 静電気学会講演論文集'08, 第 32 回静電気学会全国大会, pp.239-240, 2009/9

静電気リスクアセスメントの現状調査

研究代表者 大澤 敦，労働安全衛生総合研究所上席研究員
研究分担者 島田行恭，労働安全衛生総合研究所主任研究員

研究要旨：静電気の立場からリスクアセスメントの現状を調査している。目的は、静電気事故事例の分析、現場調査・アンケート調査・海外調査によりその実態を把握して、開発するリスクアセスメント手法のレベルや方針を検討することである。

A. 研究目的

我が国でも平成18年4月の改正労働安全衛生法の施行により、リスクアセスメントの努力義務が明示されるようになったが、静電気着火のリスクアセスメントの現状調査により、その実態を把握して、確立しようとするリスクアセスメント手法を検討する材料とする。

B. 研究方法

B.1 静電気事故事例分析

研究代表者が所有している事故事例のほか、研究協力者の所有する事故事例を追加する。静電気による災害はどのようなことが原因となっているか再調査・分析する。

B.2 現場調査

現場での静電気リスクアセスメントの実態を調査する。

B.3 アンケート調査

アンケートにより静電気リスクアセスメントの実態を調査する。

B.4 海外調査

リスクアセスメントの分野で先進している欧州の静電気リスクアセスメントの状況を調査する。

（倫理面への配慮）

研究の性質上、倫理面の問題がないと判断する。アンケートは石油化学工業協会および静電気学会障害研究委員会委員を介して実施したので、個人情報を得ていないが、アンケートの回答の中で個人を特定できる情報については取り扱いを注意するとともに、アンケート結果はその部分を削除して公開する。

C. 研究結果および考察

C.1 静電気事故事例分析

海外までにも及ぶ314件の静電気事故事例データベースを調査した。個々のデータは事故原因を調査できるように詳細に収集・記載されているので、系統的に分類することができている。

推定できた事故の災害原因は保守不良による噴出(25%)と導体の非接地による静電誘導(63%)がほとんどであった。ただし、括弧内の数値はこの両方が原因となるものも含まれている。この分析結果は、突発的な噴出を防止するためのフランジ、配管、バルブ等の適切な保守管理と静電誘導を防止するための導体接地が実施されていれば、2/3以上の静電気災害は未然に防止できていたことを示している。前者は安全管理体制の不備であり、後者は静電気対策の不備であり、作業員あるいは管理者の静電気危険性の認識不足である。開発する手法には静電気危険性を認識できるような配慮も必要であり、この分析結果を例示しながら危険源を同定する方法が、我が国の静電気安全のレベルアップに有効と考える。

残りの10%程度の事故は不導体が帯電して発生するブラシ放電であったと推定できた。これに対応する適切な静電気対策もある。これも静電気危険性の認識不足が原因であるので、事故事例の記述が有効と考える。

静電誘導では移替、サンプリング、液抜き、粉体投入などに用いられるドラムやバレル缶など比較的小さな容器を使用した作業が多かったことは興味深い。小さな作業であるという作業員の気のゆるみも事故を誘引しているのであろう。

また、事故は通常運転時（おそらく、設計段階でリスクアセスメントが、あるいは、それに類似する評価

がなされているのであろう)ではなく、作業者が必ず介在する作業(清掃、保守・点検・トラブル対策による修理とその後の再運転時など)のときに多く起きている。さきの静電誘導の事故事例も含めて、このような作業においてこそ、リスクアセスメントが実施されることが必要である。

今後計画している危険源の洗い出しの詳細部にこの災害事例研究結果を反映させる予定である。

C.2 現場調査

2社3事業場の静電気リスクアセスメントの現場での実態を調査した。いずれの安全対策も管理者のレベルに依存しており、網羅的、系統的にはリスク分析、評価がなされておらず、リスクアセスメントといえるような状況にないことがわかった。このような状況にもかかわらず、何とか対策できているのは管理者の努力の賜と解せる。

意味のない対策がなされているところもあり、作業者に静電気に危険性を喚起するために実施している対策と説明されていた。実施する場所を限定すれば有効であるが、危険場所ではかえって危険となる対策であるので注意が必要である。個々のリスク低減策の意味がわかるような配慮が開発する手法に必要であると考え。むしろ、このような喚起よりも危険であることを知らせる標識(機械安全分野のリスク低減にある“使用上の情報”に相当する)の方がよい。同時に作業員への静電気安全の教育、トレーニングが必要である。今回調査した事業所では実施されていたが、さらに広く、関連会社等の作業員までに及ぶ必要がある。

労働者の静電気安全のレベルを高めるためにも、開発する静電気リスクアセスメントには、自然に静電気の基礎をわかりやすく学習できるような配慮・構成が必要である。また、的確なリスクアセスメントのためには対策(リスク低減策)の物理的意味・根拠も必要と考える。

C.3 アンケート調査

実施したアンケートの内容と回答の集計結果は添付資料を参照されたい。回答数は45件である。静電気リスクアセスメントを実施している事業場等はまだまだ少なく、かなりの程度までに実施しているところはまれであることが示されている。

静電気対策として間違いの(対策の意味がわかっていない)回答も多くある。

また、このアンケートで現場調査、試験運用のために多くの事業場が参画していただけることになった。

C.4 海外調査

リスクアセスメントで先進しているといえる欧州(フランス、イギリス、スイス、ドイツ)の静電気リスクアセスメントの現状を調査した。静電気リスクアセスメントに関しては先進しているとはいえ、その多くは静電気エキスパートのいるコンサルタン会社に委託するという方法によりリスクアセスメントが実施されている。このようなコンサルタン会社では、試験(MSDSの作成)、教育、トレーニングなども含まれ包括的な安全のための充実した業務が提供されている。

静電気エキスパートに充実したコンサルタン会社が多くない日本には適用は困難と考える。

このようなコンサルタン会社においても静電気のリスクアセスメントが網羅的、系統的にできるような支援技術としてマニュアル等が開発されているのではなく、各エキスパートの知識に依存しているとのことであった。筆者もそうであるように、エキスパートの頭の中では独自に静電気リスクアセスメント手法ができあがっているのであろう。しかしながら、本研究ではエキスパートでなくても的確にリスクを判断して、評価できるような支援技術を提供するので、開発する手法は静電気安全の基礎にも充実したものでなくてはならない。

D. 結論

実態調査により静電気危険性の認識不足と静電気安全の基礎の知識不足から現状では静電気リスクアセスメントを実施しているとはいえないことがわかった。静電気着火のリスクを的確に評価し対策する、すなわち、静電気リスクアセスメントを的確に実施するためには、静電気安全の基礎が学習できる要素、また、静電気対策のknow howではなく、know whyが開発するリスクアセスメント手法に含まれていなければならない。そうでなければ、本質的にリスクを評価していることにはならない。この点の工夫が新たな課題にもなる。

E. 研究発表

なし

F. 知的財産権の出願・登録状況

なし

静電気リスク分析手法の骨子構築

研究代表者 大澤 敦，労働安全衛生総合研究所上席研究員

研究要旨：国際規格に示されているリスクアセスメントの流れをベースとして静電気リスク分析手法の骨子を構築している。容易に、また、網羅的に危険源を抽出できるようにするための静電気危険源の同定に必要な項目を選定している。さらに、静電気災害リスクの見積りには、放電の着火性と可燃性雰囲気気の形成の程度から静電気着火リスク（可能性）を見積り、この結果と災害が起きたときの想定できる被害の大きさから静電気災害リスクを見積りする方法を提案している。これらのリスク分析手法の妥当性は事例および試験運用で調査中である。

A. 研究目的

静電気着火のリスク分析を的確に実施するための技術的支援としての科学的静電気リスク分析手法の骨子を構築する。静電気災害の原因は静電気安全の基礎とその危険性の理解・認識不足に由来するものが多く、リスクアセスメントを的確に実施していれば未然防止できた災害が多い。静電気は見えない現象であるせいか、他の安全分野に比較してわかりにくいという安全管理者が多いので、これを配慮して簡便で、網羅的、系統的、科学的リスク分析手法を開発する。

B. 研究方法

B.1 IEC/ISO Guide 51 の適用

ISO/IEC Guide 51* で示されているリスクアセスメントの流れをベースとして、静電気危険源の同定、静電気着火リスクの見積り方法について検討する。

B.2 危険源の同定

静電気による労働災害は爆発・火災であり、静電気の帯電から起きる静電気放電が着火源となっている。つまり、危険源は帯電とそれによる放電である。この危険源を論理的に同定できるようチェックシートやフローを活用する必要がある。さらに、リスク分析を科学的に実施できるように、帯電の危険性に関しては設備、作業、製品、工程等の物理的諸量からそのリスク評価を導けるようにしたい。そのためには、静電気危険性を網羅的に調査するために必要十分な要素が選定されなければならない。

B.3 リスク見積

静電気着火リスクの見積りには可燃性雰囲気気の形成と静電気放電の出現とその着火性によって決定する方法を提案する。

リスクの順位付けが必要との研究協力者（安全管理担当者）のコメントよりこれを検討できるようにする。（倫理面への配慮）

研究の性質上、倫理面の問題がないと判断する。

C. 研究結果および考察

C.1 静電気危険源の同定

静電気危険源を的確に同定するために必要な要素として選定された項目は以下のとおりである。

- (1) 可燃性雰囲気気の形成
IEC 規格のガス・蒸気および粉じん危険場所のクラス分け Zone (G.1 参照) の概念を用いる。
- (2) 最小着火エネルギー
ガス・蒸気については IEC 60029** のガスグループの概念 (IIA, IIB, IIC) を用いる。粉じんについてはブラシ放電で着火するか否かを選定できるように 4 mJ をしきい値とする。コーン放電と沿面放電を考慮して、高エネルギー側のしきい値を 10 mJ とする。また、100 mJ 以上は静電気着火リスクはなしとする。
- (3) 引火点、蒸気圧（液体の場合）
- (4) 帯電の発生頻度と程度
- (5) 電荷の発生と緩和の状況

* ISO/IEC Guide 51: Safety aspects - Guidelines for their inclusion in standards, 2nd Ed. 1999

** IEC 60079-0: Explosive atmospheres - Part 0: Equipment - General requirements

表1 静電気着火リスク

静電気着火 のリスク		可燃性雰囲気		
		Zone 2 (Zone 22)	Zone 1 (Zone 21)	Zone 0 (Zone 20)
放電の 着火性	IIA (> 10 mJ)	C	C	B
	IIB (4 - 10 mJ)	C	B	B
	IIC (< 4 mJ)	B	B	A

表2 静電気災害リスク

静電気災害のリスク		静電気着火リスク		
		C	B	A
被害の大きさ	小	D	C	B
	中	C	B	A
	大	B	B	A

(運転・プロセス) 速度, 導電率 (抵抗率)

(6) 静電誘導の可能性

着火性の火花放電となる絶縁導体 (人) はあるか

(7) 放電の発生頻度

(8) 放電形態

発生している (できる) 放電は火花, ブラシ, コーン, 沿面放電のうちどれか

(9) 等価エネルギー

放電の着火性: 着火性は放電形態に依存する。

これらの項目は, 事故調査, 事故事例, 相談業務, 研究協力者のコメントなどを調査して決定したものである。妥当性は事例により検証中である。また, これらを網羅的, 系統的に評価できるようなフローチャートおよびチェックリストについては考案中である。

C.2 静電気災害リスクの見積

静電気災害リスクの見積はマトリックス法を用いて, まず, 静電気着火リスクを可燃性雰囲気の形成の程度と放電の着火性の程度によって表1で決定する。つぎに, この静電気着火リスクの結果から被害の大きさを考慮して, 総合的に静電気災害リスクを見積もれるようにした (表2)。被害の大きさはプラントや設備の規模などによって決めるとよい。ここで, 表1中にある括弧で示した項目は粉じんを対象に, そうでない項目はガス・蒸気の可燃性雰囲気を対象にしたものである。また, 可燃物を取り扱っていても可燃性雰囲気でない場合は静電気着火リスクはないので, “可燃性雰囲気でない” という項目はリスク見積のマトリックスに入れていない。

暫定的にリスクを A-D のレベルに分けている。

被害の大きさの小, 中, 大というのは曖昧であるとのコメントがあるので, 損害額, 被災者数を想定すべきか, その場合のレベル分けをどの程度にするかは, 既存のリスク分析を考慮して検討中である。

C.3 提案手法の妥当性検討

提案したリスク分析手法は事例適用および研究協力者の職場にての試験運用によりその妥当性を調査・検討している。対象とする工程は事例分析で比較的多かった液体への粉体投入作業であり, 内容は次のとおりである。

- 室温でヘキサンが入った 10 m³ のタンクにマンホールを開放して, テフロンシュートを用いて帯電しやすい粉体を投入。窒素置換なし
- 室温でヘキサンが入った 10 m³ のタンクにマンホールを開放して, 接地された金属シュートを用いて帯電しやすい粉体を投入。窒素置換なし
- 室温で引火点が 100°C の液体が入った 10 m³ のタンクにマンホールを開放して, 接地された金属シュートを用いて帯電しやすい粉体 (MIE ≈ 3 mJ) を投入。窒素置換なし
- 室温で引火点が 100°C の液体が入った 10 m³ のタンクにマンホールを開放して, 接地された金属シュートを用いて帯電しやすい粉体 (MIE > 100 mJ) を投入。窒素置換なし
- 室温で引火点が 100°C の液体が入った 10 m³ のタンクにマンホールを開放して, 接地された金属シュートを用いて帯電しやすい粉体 (不燃性) を投入。窒素置換なし

ただし, ヘキサンの引火点は 22°C, 人からの静電気放電は 100 mJ を超えることはないというヒントをつけて研究協力者の事業場にて本リスク分析手法を適用, また, 実際に試験運用してその妥当性を調査中であるが, おおむね良好である。

C.4 Fault tree analysis

頂上事象を“静電気着火”とした Fault tree analysis (FTA) を検討した。その結果を図1, 2に示す。オレンジ色で示された事項は静電気対策の基本が欠落したことに相当しており, この対策をしていれば論理的に静電気着火に至らないことをこの FTA は示している。

D. 結論

ISO/IEC Guide 51 で示されているリスク分析の流れをベースとして, 静電気危険源の同定, 静電気着火リスクの見積の方法を提案し, 静電気リスク分析手法の骨子を構築した。提案手法の妥当性は事例により調査中であるが, おおむね良好である。今後は項目として挙げた静電気危険源を網羅的, 系統的に評価できるように支援するフローチャートおよびチェックリストを検討する。

E. 研究発表

E.1 論文発表

- (1) Ohsawa A, "Prevention criteria of electrostatic ignition by a charged cloud in grounded tanks," J. Electrostat., (in press)

(a) **Abstract:** In this paper, we present the criteria of space charge density and wall electric field required to prevent incendive discharges between a grounded protrusion and a charged cloud in cylindrical tanks grounded of up to $\approx 1.5 \times 10^5 \text{ m}^3$ in volume obtained by numerical investigations with wide ranges in the dimensions of the protrusions and tanks. To obtain such criteria, the thresholds of the charge densities of uniformly charged clouds for initiating a discharge at the tip of protrusions are numerically obtained. Furthermore, the transferred charges and energies of the discharges are estimated to investigate their incendivity. For evaluating the risk with a field measurement, the criterion of the electric fields at the side wall of the tanks for avoiding incendive discharges is also obtained.

(b) Outline

1. Introduction
 2. Model description
 3. Results and discussion
 - 3.1. Outlines of thresholds for discharge inception
 - 3.2. Criteria for avoiding incendive discharges
 4. Application
 5. Conclusion
- Acknowledgements
References

(c) 5 pages, 6 figures, 1 table and 25 references

(d) これまでのモデルをより現実的に修正して、接地円筒タンク内に形成される帯電雲による静電気着火を防止するための条件を包括的に示した。

(e) Available online 20 January 2009 at <http://www.sciencedirect.com/>

E.2 学会発表

- (1) 大澤敦, "電界中の絶縁導体の火花放電エネルギーの計算," 静電気学会講演論文集'08, 第32回静電気学会全国大会, pp.239-240, 2009/9

(a) **Abstract:** This paper presents calculation methods of the potential of an insulated conductor in an electric field to evaluate the electrostatic ignition risk by a discharge may occur from it, in which they use Gauss's law or Thomson's theorem. In addition, the electrostatic energy of a gap between a grounded conductor and it corresponding to that of a spark discharge as well as the surface charge distribution and capacitance of it can be obtained from the result of its surface electric field distribution.

(b) Outline

1. はじめに
 2. 絶縁導体の電位の計算
 - 2.1 ガウスの法則を用いる方法
 - 2.2 トムソンの定理による計算
 3. モデリング例
 - 3.1 Example 1
 - 3.2 Example 2
 4. おわりに
- 参考文献

(c) 3 figures, and 2 references

(d) 火花放電リスクを検討するための絶縁導体の電位, 静電容量, 放電エネルギーを計算する方法を発表した。

F. 知的財産権の出願・登録状況

なし

G. 付録

G.1 危険場所のクラス分け

IEC 規格のガス・蒸気***および粉じん****の可燃性雰囲気のクラス分けはつぎのとおり。

- Zone 0: 連続して、または長期間にわたり、もしくは頻繁にガス・蒸気爆発性雰囲気となる場所
- Zone 1: 通常作業においてガス・蒸気爆発性雰囲気となる可能性が時折ある場所
- Zone 2: 通常作業においてガス・蒸気爆発性雰囲気となる可能性が低いか、なったとしても短い期間のみである場所
- Zone 20: 常時あるいは長期間にわたり粉じん爆発性雰囲気となる、あるいは粉じん雲になりうる粉体層がある場所
- Zone 21: 通常作業において粉じん爆発性雰囲気となる可能性がある場所、あるいは粉じん雲になりうる粉体層が形成されている可能性がある場所
- Zone 22: 通常作業において粉じん爆発性雰囲気とならない、あるいはなったとしても短い時間である場所、あるいは粉体層が存在しないが、形成しうる場所

*** IEC 60079-10: Electrical apparatus for explosive gas atmospheres - Part 10: Classification of hazardous areas

**** IEC 612421-10: Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust - Part 10: Classification of areas where combustible dusts or may be present

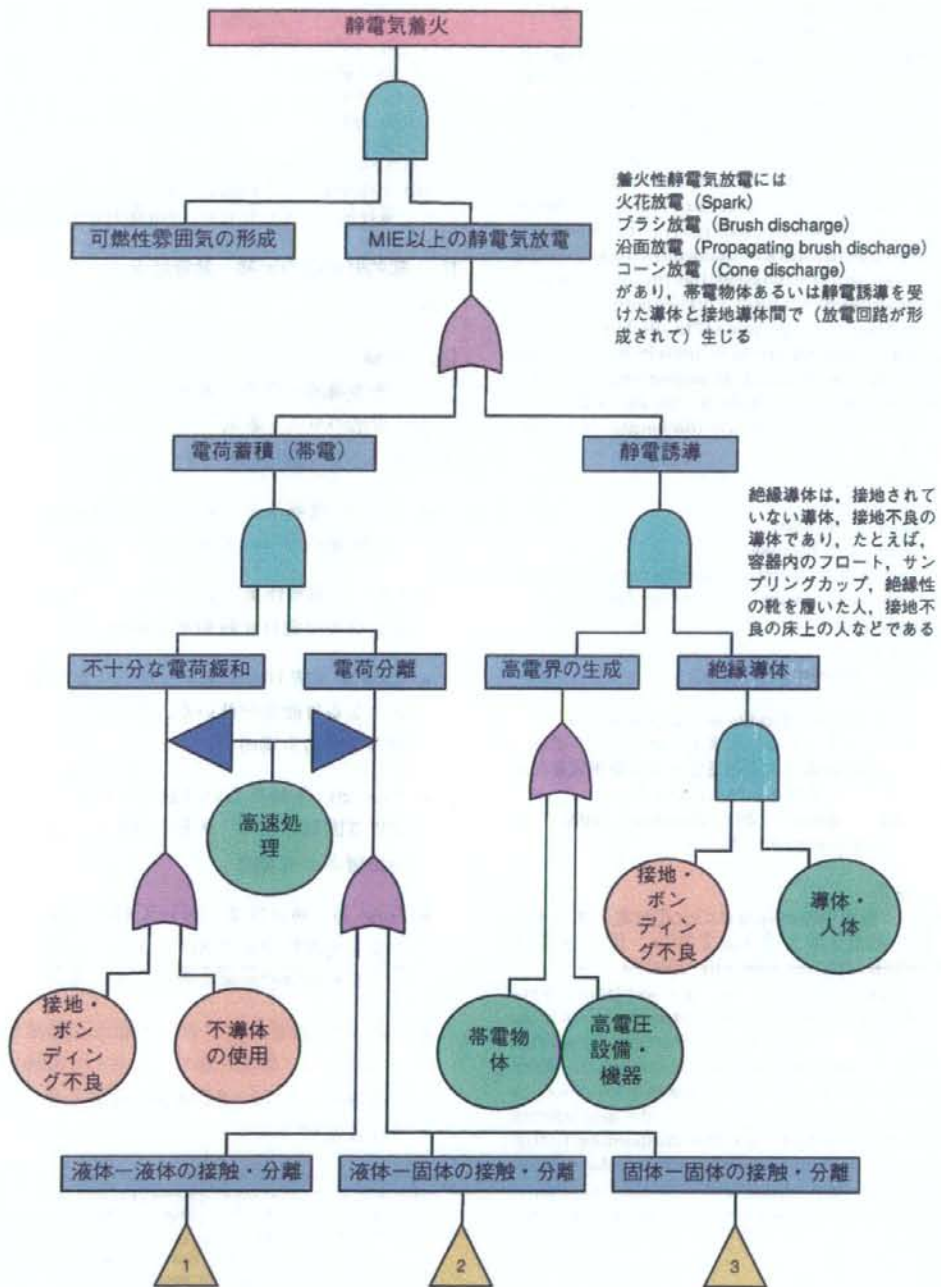


図 1 静電気着火の FTA (その 1)

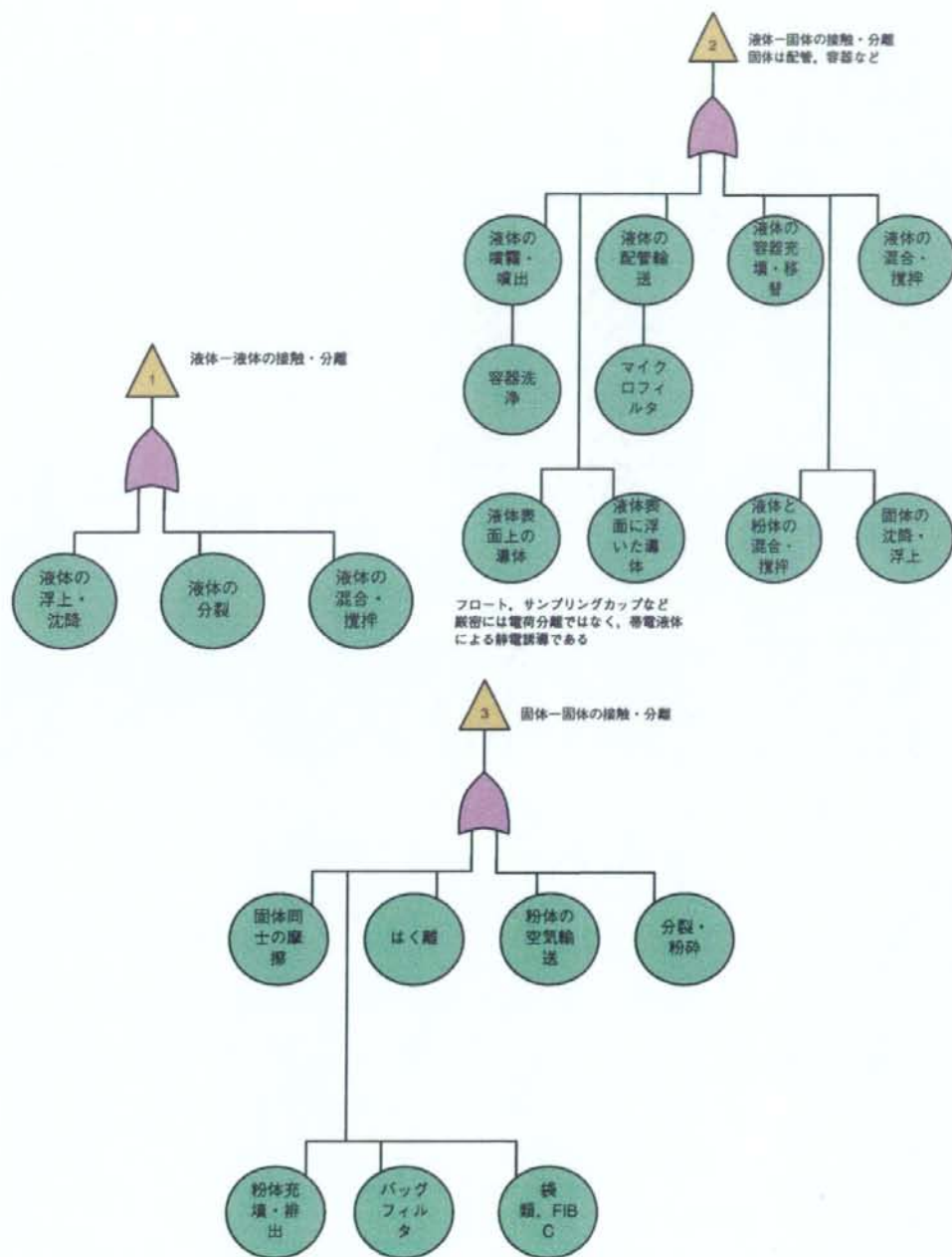


図 2 静電気着火の FTA (その 2)

リスク分析手法の妥当性と提案

従来分析手法の静電気リスクアセスメントへの適用

研究分担者 鳥田行恭，労働安全衛生総合研究所主任研究員

研究要旨：プロセス産業を中心に従来から用いられているリスクアセスメント手法について調査し、長所、短所を整理した。より現実的な（現場で活用される）静電気リスクアセスメント手法を確立するためにはこれらの手法の長所を組み合わせ、体系化することが有用である。

A. 研究目的

従来から用いられている様々なリスクアセスメント手法に対して、これらを静電気着火のリスクアセスメントに適用することの妥当性を検討する。また、静電気における災害発生を考慮したリスクアセスメント手法の流れを体系化する。

B. 研究方法

プロセス産業を対象としたリスクアセスメント手法について整理するとともに、静電気リスクアセスメントの現状を調査する。これにより、従来から用いられているリスクアセスメント手法を静電気リスクアセスメントに適用することの是非について検討する。従来手法の調査対象はPHA、FMEA、HAZOP、FTA、ETA、What-ifとした。

また、静電気リスクアセスメント手法の体系化を目的として手法のモデル化を試みる。

（倫理面への配慮）

研究調査の対象は化学プラント等のリスクアセスメント手法の現状などであり、倫理面に配慮すべき対象はない。

C. 研究結果

化学工学会、安全工学会などのセミナー等で紹介されている化学プロセスのリスクアセスメント手法について調査し、各々の手法の長所、短所をまとめた。その中で、チェックリスト方式は過去の知見（事故事例等で明らかになった点）を活かしたハザード発見が可能であること、HAZOP（Hazard and Operability Study）は手引き用語等を用いることで、経験的には気付きにくいハザードの発見も可能であること、さらにFTA

（Fault Tree Analysis）はハザード発生からトップ事象（もっとも望ましくない事象）発生に至るシナリオを明記することができ、さらに事象の因果関係等からシナリオを断ち切るポイント（事故発生に至る事象発生を防ぐ対策）を同定することができる。この結果、静電気リスクアセスメント手法としてもこれらの手法の長短所を組み合わせた手法を検討することが有用である。一方、IEC/ISO Guide 51 で示されているリスクアセスメントの流れをベースとして、静電気リスクアセスメントの流れの体系化についての検討を始めた。

D. 考察

静電気リスクアセスメントの最も重要な課題である潜在するハザード要因を網羅的に発見するためには過去の知見を活かしたチェックリスト方式、HAZOPのような網羅的な手法を組み合わせることが有効であり、さらにFTAのような事故発生に至るシナリオ表現などを用いることでリスクを低減するための対策の検討が可能となる。静電気に適したチェックリスト、手引き用語、シナリオなどの開発が課題となる。

E. 結論

従来からプロセス産業を対象として用いられているリスクアセスメント手法について整理し、静電気に適用するときの長所、短所をまとめた。次年度以降はこれらの手法を組み合わせたりリスクアセスメント手法の体系化について検討する。

F. 研究発表および知的財産権の出願・登録状況 なし

研究成果の刊行に関する一覧

著者	論文タイトル	発表誌	巻号	ページ	出版年
A. Ohsawa	Prevention criteria of electrostatic ignition by a charged cloud in grounded tanks ^{*1}	Journal of Electrostatics	in press		
大澤敦	電界中の絶縁導体の火花放電エネルギーの計算	静電気学会講演論文集'08	32	239-240	2009

論文内容の詳細は分担研究報告「静電気リスク分析手法の骨子構築」のE. 研究発表に示している

^{*1}Available online 20 January 2009 at <http://www.sciencedirect.com/>.

資料1

2008年7月

「静電気リスクアセスメント手法の確立」 のためのアンケート-1

以下の質問は、静電気災害防止管理対象について実施致します。管理対象外の設備（静電気災害の恐れのない設備）に関しては、含めないようにして下さい。回答は□にはチェックを入れて下さい。□にはチェックとして'x'を記入して下さい（回答が複数ある場合は、できましたらその数・量が多いものから順に1, 2, …と番号を入れて下さい）。また、その他の場合には、お手数ですが枠内へ具体的にご記入頂けると、大変参考になります。

1 一般事項

1.1 貴事業所または部課の業種は

1.2 製造にかかわる従業員数はおおよそ

名

1.3 どのような作業工程がありますか

1.4 静電気安全担当者はいますか

いる いない その他

その他の場合

1.5 静電気リスクアセスメントの有無

実施している 実施していない 静電気も含めてリスクアセスメントを実施している その他

その他の場合

2 技術的な取り組み状況

2.1 実施の元になっている基準

静電気安全指針 (2007 年度版) 静電気安全指針 (1988 年度版) 社内規格・基準 その他
 その他の場合

2.2 静電気災害防止エリア (管理エリア) について

2.2.1 どの様に規定していますか

建家単位 部屋単位 作業現場単位 作業場所単位 その他
 その他の場合

ただし、作業現場および作業場所単位とは、たとえば、あるプロセスタンクから液体をサンプルする作業をするとき作業場所とはサンプル作業を実施する場所 (タンク開放部) のことで、作業現場とはそのタンク全体周辺部を指す。したがって領域の空間は作業現場の方が広い。

2.2.2 危険場所をどの様に規定していますか (どのような場所を危険場所 (Zone 0 (0 種場所), …, 22) としていますか)

2.2.3 上記の管理エリアの床面について

金属床 (塗装なし) 金属床 (導電性塗装) 金属床 (一般塗装)
 導電性塗り床 一般の塗り床 コンクリート床
 その他の床

2.3 可燃物の種類

2.3.1 取り扱い危険物の種類は何ですか

特殊引火物 第一石油類 アルコール類 第二石油類
 その他の危険物類

2.3.2 使用している可燃性液体の種類は何ですか

アルコール類 ケトン類 トルエン キシレン ヘキサン ヘプタン

その他の可燃性液体

2.3.3 使用している可燃性粉体の種類は何ですか

合成樹脂 (フレーク状) 合成樹脂 (顆粒状) 合成樹脂 (粉末) 合成樹脂 (微粉末)

食品 (顆粒状) 食品 (粉末) 食品 (微粉末)

その他の可燃性粉体

2.3.4 ほかに使用している可燃性物質は何ですか

2.4 作業者の対策

2.4.1 静電気帯電防止作業服を使用していますか

使用している 使用していない 使用しているが、協力会社には指示していない
協力会社にも使用させている

2.4.2 静電気帯電防止作業服の性能検査を定期的に行っていますか

している していない その他

その他の場合

2.4.3 静電気帯電防止作業服を使用している場合、その種類は

JIS 適合品 (構造要件, 性能要件共) JIS の性能要件のみ適合品 JIS 適合不明の静電服 その他

その他の場合

2.4.4 静電気帯電防止靴を使用していますか

使用している 使用していない 使用しているが、協力会社には指示していない
協力会社にも使用させている

2.4.5 静電気帯電防止靴を使用している場合、その種類は

JIS 適合品 JIS 適合不明の静電靴 その他

その他の場合

2.4.6 静電気帯電防止靴の性能検査を定期的に行っていますか

している していない その他

その他の場合

2.5 設備の対策

2.5.1 固定設備（反応釜、原料タンク、ホッパー、脱水機、乾燥機、集塵機、気粉分離器等）の接地は

アース線で接地を実施 接地を測定により確認 確認していない その他

その他の場合

2.5.2 固定設備が絶縁物製の場合に実施している対策は

2.5.3 半固定設備（計量器、局所排気用ダクト等）の接地は

本体のみアース線で接地を実施 部品を含めアース線で接地を実施

本体のみ接地を測定により確認 部品を含め接地を測定により確認

確認していない その他

その他の場合

2.5.4 半固定設備が絶縁物製の場合に実施している対策は

2.5.5 移動設備（移動台車、移動タンク、真空掃除機等）の接地は

本体のみアース線で接地を実施 部品を含めアース線で接地を実施
 本体のみ接地を測定により確認 部品を含め接地を測定により確認
 確認していない その他
 その他の場合

2.5.6 移動設備が絶縁物製の場合に実施している対策は

2.6 用具の対策

2.6.1 製造用具（小分け容器、分量調整用具、ロート等）の接地は

アース線で接地を実施 接地を測定により確認
 確認していない その他
 その他の場合

2.6.2 メンテナンス用具（工具（電動・エアツール含む）、清掃用具（モップ、水切り等）等）の接地は

アース線で接地を実施 接地を測定により確認
 確認していない その他
 その他の場合

2.7 その他の対策

2.7.1 その他で実施している対策（加湿対策等）があれば記入下さい

3 教育について

3.1 安全教育

3.1.1 安全教育を実施していますか

全従業員 管理職のみ 中間管理職のみ
 中間管理職及び職長のみ 中間管理職, 職長及び作業員 職長及び作業員
 新入社員及び希望者 実施したことがない その他
 その他の場合

3.1.2 静電気安全教育を実施していますか

全従業員 管理職のみ 中間管理職のみ
 中間管理職及び職長のみ 中間管理職, 職長及び作業員 職長及び作業員
 新入社員及び希望者 実施したことがない その他
 その他の場合

3.1.3 静電気安全教育を実施している場合, その回数は

年 1 回 数年に 1 回 1 回のみ (それは 年前)
 年に数回 (回数 回/年) その他
 その他の場合

3.1.4 静電気安全教育を実施している場合, どのように実施しているか

3.1.5 静電気安全教育を実施している場合, 誰が行っていますか

外部専門家 社内専門家 社内担当者 その他
 その他の場合

4 安全管理について

4.1 法令等について

4.1.1 リスクアセスメントを努力義務と定めた労働安全衛生法第 28 条の 2 をご存じでしたか

労働安全衛生法 第 28 条の 2

(事業者の行うべき調査等)

事業者は、厚生労働省令で定めるところにより、建設物、設備、原材料、ガス、蒸気、粉じん等による、又は作業行動その他業務に起因する危険性又は有害性等を調査し、その結果に基づいて、この法律又はこれに基づく命令の規定による措置を講ずるほか、労働者の危険又は健康障害を防止するため必要な措置を講ずるように努めなければならない。ただし、当該調査のうち、化学物質、化学物質を含有する製剤その他の物で労働者の危険又は健康障害を生ずるおそれのあるものに係るもの以外のものについては、製造業その他厚生労働省令で定める業種に属する事業者に限る。

知っていた 知らなかった

4.1.2 静電気帯電防止作業服等の着用を義務づけた労働安全衛生規則第 286 条の 2 をご存じでしたか

労働安全衛生規則 第 286 条の 2

(静電気帯電防止作業服等)

事業者は、第二百八十条及び第二百八十一条の箇所並びに第二百八十二条の場所において作業を行うときは、当該作業に従事する労働者に静電気帯電防止作業服及び静電気帯電防止用作業靴を着用させる等労働者の身体、作業服等に帯電する静電気を除去するための措置を講じなければならない。

2 労働者は、前項の作業に従事するときは、同項に定めるところによらなければならない。

3 前二項の規定は、修理、変更等臨時の作業を行う場合において、爆発又は火災の危険が生ずるおそれのない措置を講ずるときは適用しない。

知っていた 知らなかった

4.1.3 労働安全衛生規則第 286 条の 2 で定めている静電気帯電防止作業服及び静電気帯電防止用作業靴の仕様を明らかにするための平成 7 年 2 月 20 日付け 労働省の通達 基発第 76 号をご存じでしたか

平成 7 年 2 月 20 日付け

労働省通達 基発第 76 号

(静電気帯電防止作業服等)

(1) 第一項の「静電気帯電防止作業服及び静電気帯電防止用作業靴」は、それぞれ、JIS T 8111 (静電気帯電防止作業服) 及び JIS T 8113 (静電気帯電防止用安全・作業靴) に適合するもの又はこれと同等以上の性能を有するものをいうものであること。

(2) 第一項の「労働者の身体、作業服等に帯電する静電気を除去するための措置」には、除電装置の使用等の措置が含まれるものであること。

(3) 第三項の「爆発又は火災の危険が生ずるおそれのない措置」とは、労働安全衛生規則第二八三条の「爆発又は火災の危険が生ずるおそれのない措置」と同意であること。

知っていた 知らなかった