

本日の結論

滋賀労働局は

 **キミたち**

理工系人材を切望しています

－ 技術と安全をつなぐ人材が必要だから －

なぜなら 県内総生産に占める**製造業の割合**

全国1位 滋賀県 41.8%（全国平均21.0%）

- キミたちの働く工場でも事故は無くなっていない。
- 現場では安全技術の伝承が難しくなっている
- 技術と安全をつなぐ人材が不足している

 **キミたち 理工系頭脳で**

働くみんなの命と健康を守っていききたい

監督官は日々こんな現場を見る

例えば…

- 昨日は 半導体製造装置の工場。
- 今日 は 食料品製造業。
- 明日は 自動車製造工場

- 建設業では トンネル工事、橋梁工事、ビル建設工事
- このほかにも 運送業、介護施設、スーパーマーケット、銀行…

日本の産業すべての「今」を、毎日、生で、目にします。

だから、毎日勉強、一生飽きない。

理工系労働基準監督官(B)25年の経験から学ぶ

事故はなぜ起きるのか

技術と安全をつなぐ労働基準監督官のおしごと



滋賀労働局(併)大津労働基準監督署
副主任地方労働衛生専門官 吉川昌毅
労働安全コンサルタント(化学)
労働衛生コンサルタント(保健衛生)

本日のテーマ

- 導入 爆発・火災は身近で発生している
事故の怖さをつたえる役割
- 法律 労働基準監督官は技術的視点で法令指導する
一例として法令で課された爆発・火災防止措置をご紹介します
- 学問 爆発・火災を理解する
事故を防ぐためには、キミたち理工系頭脳で考えてほしい
- 実践 リスクアセスメントによる事故防止技術
見えないものを見えないままにしないこと！

爆発・火災は身近で発生している ～事故の怖さを伝える役割～

理系人材の労働基準監督官が活躍している現場を知ろう

現場は変化している 25年の経験から感じること

- **現場力の低下**は否めない。

ベテランが退職し、設備の経年化が進む

- **技術・技能継承が進んでいない。**

目の前のことを一生懸命にやって現場経験を長年積んでつけた技術は、教育により身につけたものではない。標準化されているものではない。

一方、キャリア教育を受け、就活で自身のキャリアを表現して入社した世代は、幼児期から中、高校、大学に至るまで、十分丁寧に能力開発されてきており、**仕事に対する姿勢、考え方のギャップ**も生じている。

現場の**経験を積む機会が減少**している。

そのような現場をどう指導していけばいいのか。

構造転換の時期に来ている

- 既存の商品から新しい価値へ働き手も変わり、**社会から求められる価値**が変化している。
- 産業の構造転換の時期に来ている。
既存の商品から新しい商品、**新しい技術開発**が必要である。
それをどう乗り越えていくか？
- 日本の停滞期の30年、その間欧米、アジアはどう構造変化したか。
これからの日本の安全マネジメントと人材育成は。
 1. 安全に対する考え方の違い
 2. 安全マネジメントシステムと安全文化とが相まって安全を確保する。
技術を知る理工系労働基準監督官が正しく導かねばならない

日本の現場 ヒトの変化

50代以上

設備の新・増設に数多く携わり、**トラブルを経験、解決することにより**、技術・技能を身につけてきた。

20～30代

設備が自動運転され、トラブルを経験する機会が少ない。
技能を身につける機会が減った。理工系出身者はほとんどいない

問題点 当初の設計に関与した熟練技能者が退職。

- ① **「設計思想」「運転条件の設定根拠」が継承されていない。**
- ② 定常運転は対応できるが、**非定常時に対応ができない**

設備、ゆとりの変化

- 設備の新設・増設が減少し、**設備の維持管理**が大きな課題になっている
- **変更管理の不備に起因**する事故が多い
更新時期になっても使い続けている。
設備不良となっても、修理する、更新する予算がない。
点検結果を誤魔化して使い続けている
- **一人一人の負担増加**
作業負荷、特にライン長の業務量がオーバーフロー

設備の経年化

高度経済成長下の生産拡大期に設置された生産設備も多く、設置から**30年以上経過した生産設備が多数を占める**。

経年化した設備の労働災害リスクの要因として「**設備の老朽化**」と「**保護方策不備**」の二つを挙げる。

厚生労働省 設備の経年化による労働災害リスクと防止対策」

<https://www.mhlw.go.jp/content/000830744.pdf>

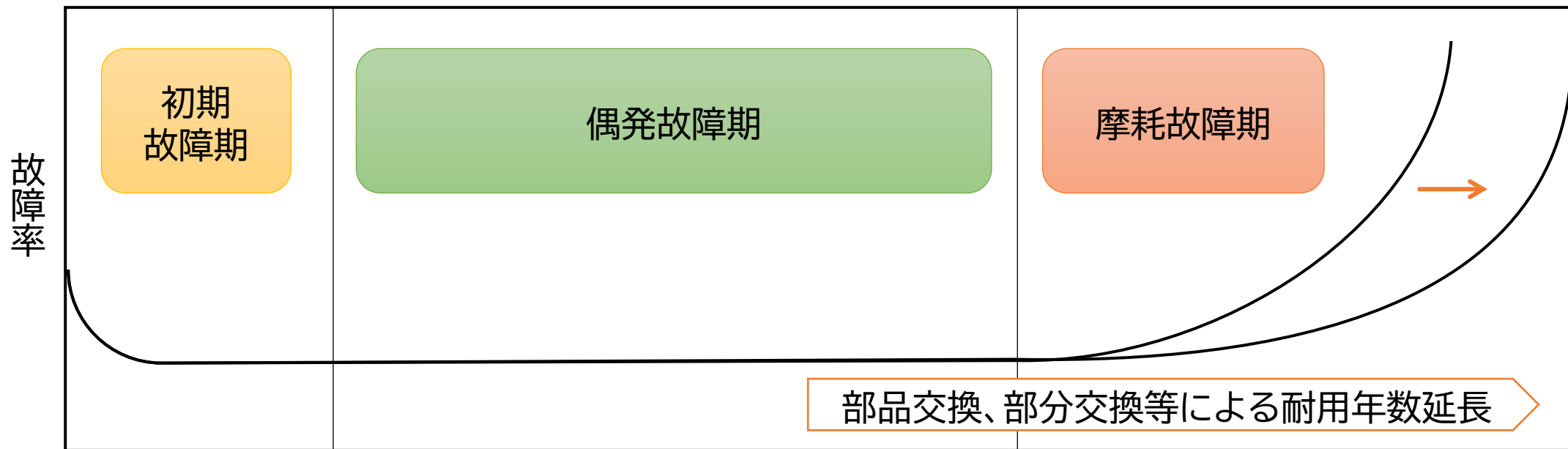
ー防止リストのチェックリストと解説ー

<https://www.mhlw.go.jp/content/000830745.pdf>



設備の経年化と労働災害

経年化設備は、下図のバスタブ曲線のように数十年使い続けると摩耗故障期に入り、部品交換や部分交換等の作業や工事が発生。



厚生労働省 設備の経年化による労働災害リスクと防止対策」

時間

事故発生件数の推移



火災事故の発生原因(R6)

維持管理不十分 52件(19.5%)

操作確認不十分 46件(17.2%)

腐食疲労等劣化 33件(12.4%)

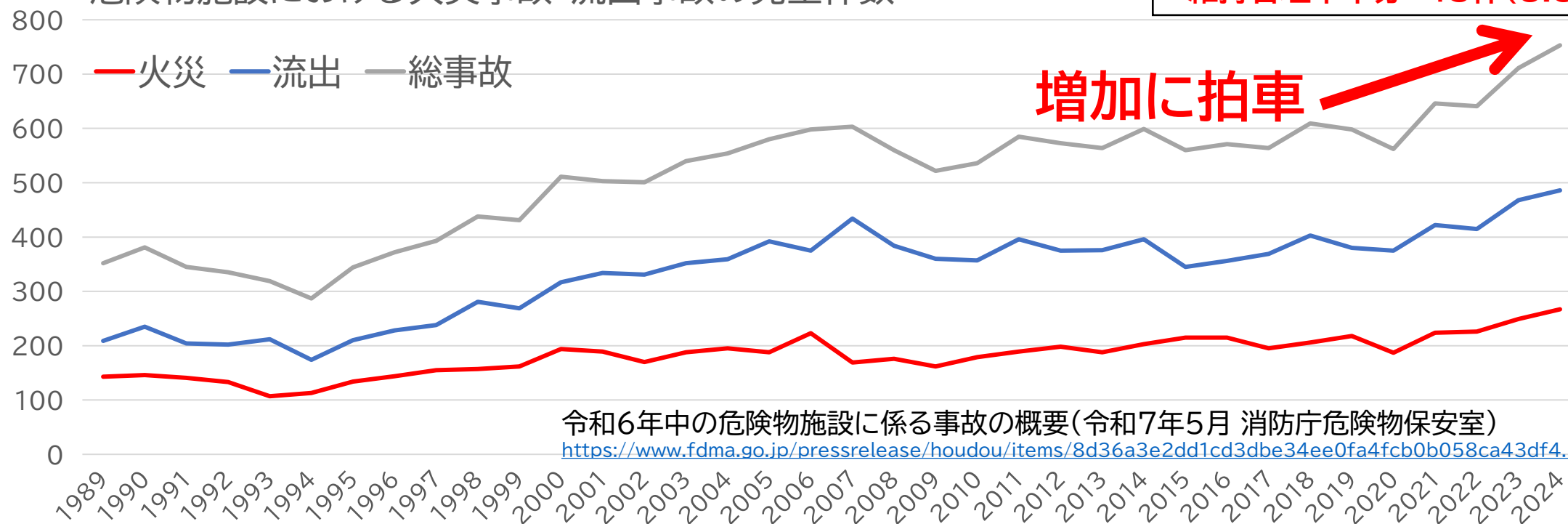
流出事故の発生原因(R6)

腐食疲労等劣化 165件(34.0%)

操作確認不十分 60件(12.3%)

維持管理不十分 43件(8.8%)

危険物施設における火災事故・流出事故の発生件数



令和6年中の危険物施設に係る事故の概要(令和7年5月 消防庁危険物保安室)

<https://www.fdma.go.jp/pressrelease/houdou/items/8d36a3e2dd1cd3dbe34ee0fa4fcb0b058ca43df4.pdf>

初期
故障期

偶発故障期

摩耗故障期

化学物質による大事故

- セブソ事故 1976年7月10日

イタリアのロンバルディア州、ミラノの北25km付近に位置するセブソの農薬工場で発生した爆発事故。反応容器の安全板が破裂し、激しい音とともに内容物が上空30～50mの高さに吹き上げられ、きのこ状の雲となり、その後冷却されて地上に降り、白い粉末を住宅や畑に降らせながら、北風によって南方へ拡散した。**ダイオキシン類が漏洩**。高濃度の汚染を受けた地域の700名以上が強制退去。**がん、慢性皮膚炎、神経障害奇形児発生**など被害者が**22万人以上**、事故翌年4～6月の妊婦の**流産率は34%**に及んでいる。この事故を教訓として、EC(当時)は化学工場の安全規制を定めた「**セブソ指令**」を定めた。

→**リスクアセスメントの考え方**

参照:失敗知識データベース-失敗百選

<https://www.shippai.org/fkd/hf/HC0300002.pdf>

反応の危険 歴史上最悪の産業事故

- ボパール化学工場事故 1984年12月2日

インド中央部マディヤ・プラデシュ州の州都ボパールにあるアメリカの農薬製造工場(ユニオンカーバイド・インディアン工場)の農薬プラントからイソシアン酸メチルと水との反応でイソシアン酸メチルが放出したことで**即死2000人**を超え、**最終的に14410人が死亡**。ボパールの人口の1/4の**最低20万人以上が被害を受けた**と言われている。

アメリカでは、OSHAとEPAに新たな規制を要求するとともに、独立して化学事故の調査を行うための機関**CBSが設立**された。

→**ILO化学物質条約、国連GHS**

参照:失敗知識データベース-失敗百選

<https://www.shippai.org/fkd/hf/HC0300003.pdf>

火災・爆発 視聴覚資料 参考 高圧ガス保安協会

https://www.khk.or.jp/public_information/incident_investigation/hpg_incident/av.html

複数同時作業の悲劇
エバーグリーン製
紙の火災

曲線の背後で

エクソンモービル
トランス製油所
の爆発事故

ハリケーンという
異常気象がもたら
す危険

デュポン社
ラ・ポルテ工場で
の化学物質漏えい

接続ミスによる
混合から有毒物質
が発生

火気使用工事の
危険

悲劇までの30 分

システムへの衝撃

変更管理の重要性

反応の危険性



労働基準監督官は技術的視点で 法令指導する。

一例として、法令で課されている爆発・火災防止措置を紹介します

危険物を規制している法令

- 労働安全衛生法（安衛法）
 - 消防法
 - 高圧ガス保安法（保安法）
 - 石油コンビナート等災害防止法（石災法）
 - 火薬類取締法
- 保安四法
- などがある

（参考）有害性に係る化学物質管理では、労働安全衛生法のほかに、

- 特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律（化管法。PRTR法とも）
- 化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（化審法）
- 毒物及び劇物取締法（毒劇法） ・ 農薬取締法 ・ 大気汚染防止法 などがある

労働安全衛生規則 第2編 第4章 爆発、火災等の防止

第一節	溶融高熱物等による爆発、火災等の防止	(第248条～第255条)
第二節	危険物等の取扱い等	(第256条～第267条)
第三節	化学設備等	(第268条～第278条)
第四節	火気等の管理	(第279条～第292条)
第五節	乾燥設備	(第293条～第300条)
第六節	アセチレン溶接装置及びガス集合溶接装置	(第301条～第317条)
第七節	発破の作業	(第318条～第321条)
第七節の二	コンクリート破砕器作業	(第321条の2～第321条の4)
第八節	雑則	(第322条～第328条の5)

- ・ 第一節 溶融高熱物 は物理的に高温の物の飛散などによるもの
- ・ 第七節 発破、第七節の二 コンクリート破砕器 は爆発物を扱うものであり、化学物質による危険性とは性質を異にしている。

○危険物規制

(労働安全衛生規則 第二節 危険物等の取扱い等)

第256条(危険物を製造する場合等の措置)

事業者は、**危険物を製造し、又は取り扱うときは、爆発又は火災を防止するため、次に定めるところによらなければならない。**

- 一 **爆発性の物**(令別表第一第一号に掲げる爆発性の物をいう。)については、みだりに、火気その他点火源となるおそれのあるものに接近させ、加熱し、摩擦し、又は衝撃を与えないこと。
- 二 **発火性の物**(令別表第一第二号に掲げる発火性の物をいう。)については、それぞれの種類に応じ、みだりに、火気その他点火源となるおそれのあるものに接近させ、酸化をうながす物若しくは水に接触させ、加熱し、又は衝撃を与えないこと。
- 三 **酸化性の物**(令別表第一第三号に掲げる酸化性の物をいう。以下同じ。)については、みだりに、その分解がうながされるおそれのある物に接触させ、加熱し、摩擦し、又は衝撃を与えないこと。
- 四 **引火性の物**(令別表第一第四号に掲げる引火性の物をいう。以下同じ。)については、みだりに、火気その他点火源となるおそれのあるものに接近させ、若しくは注ぎ、蒸発させ、又は加熱しないこと。
- 五 **危険物**を製造し、又は取り扱う設備のある場所を常に整理整頓し、及びその場所に、みだりに、可燃性の物又は酸化性の物を置かないこと。

危険物（労働安全衛生法施行令別表第一）

1. 爆発性の物	可燃性物質であり酸素供給物質でもある極めて爆発しやすい物質
・ <u>ニトログリコール</u>、ニトログリセリン、ニトロセルローズその他の爆発性の硝酸エステル類 $R-O-NO_2$ ・ トリニトロベンゼン、トリニトロトルエン、ピクリン酸その他の爆発性のニトロ化合物 $R-NO_2$ ・ 過酢酸、メチルエチルケトン過酸化物、過酸化ベンゾイルその他の有機過酸化物 $R-O-O-R'$ ・ アジ化ナトリウムその他の金属の アジ化物 $M-N_3$	
2. 発火性の物	通常状態でも発火しやすい物質で、水分により分解して可燃性ガスを発生したり、酸化性物質と接触して発火する物質
・ Li：金属「リチウム」 ・ K：金属「カリウム」 ・ Na：金属「ナトリウム」 ・ P_4：黄りん・ P_xS_y：硫化りん ・ P：赤りん ・ $Na_2O_4S_2$：亜二チオン酸ナトリウム（別名ハイドロサルファイト）	・ セルロイド類 ・ CaC_2：炭化カルシウム（別名カーバイド） ・ Ca_3P_2：りん化石灰 ・ Mg：マグネシウム粉 ・ Al：アルミニウム粉 ・ マグネシウム粉及びアルミニウム粉以外の金属粉

危険物 (労働安全衛生法施行令別表第一) (続き)

3. 酸化性の物 可燃性物質や還元性物質と混合した場合、発火爆発等が起こる危険性のある物質

- ・ 塩素酸カリウム、塩素酸ナトリウム、塩素酸アンモニウムその他の
塩素酸塩類 MClO_3
- ・ 過塩素酸カリウム、過塩素酸ナトリウム、過塩素酸アンモニウムその他の
過塩素酸塩類 MClO_4
- ・ 過酸化カリウム、過酸化ナトリウム、過酸化バリウムその他の
無機過酸化物 M_2O_2
- ・ 硝酸カリウム、硝酸ナトリウム、硝酸アンモニウムその他の
硝酸塩類 MNO_3
- ・ 亜塩素酸ナトリウムその他の
亜塩素酸塩類 MClO_2
- ・ 次亜塩素酸カルシウムその他の
次亜塩素酸塩類 MClO

危険物（労働安全衛生法施行令別表第一）（続き）

4. 引火性の物

火を引きやすい可燃性の液体であって、液体が直接引火して生じる危険性のほか、蒸発した可燃性の蒸気と空気との混合気により爆発する危険性のある物質

- ・ エチルエーテル、ガソリン、アセトアルデヒド、酸化プロピレン、二硫化炭素その他
引火点が -30°C 未満の物
- ・ ノルマルヘキサン、エチレンオキシド、アセトン、ベンゼン、メチルエチルケトンその他
引火点が -30°C 以上 0°C 未満の物
- ・ メタノール、エタノール、キシレン、酢酸ノルマルーペンチルその他
引火点が 0°C 以上 30°C 未満の物
- ・ 灯油、軽油、テレビン油、イソペンチルアルコール、酢酸その他
引火点が 30°C 以上 65°C 未満の物

5. 可燃性のガス

温度 15°C 、1気圧において気体である可燃性のガス

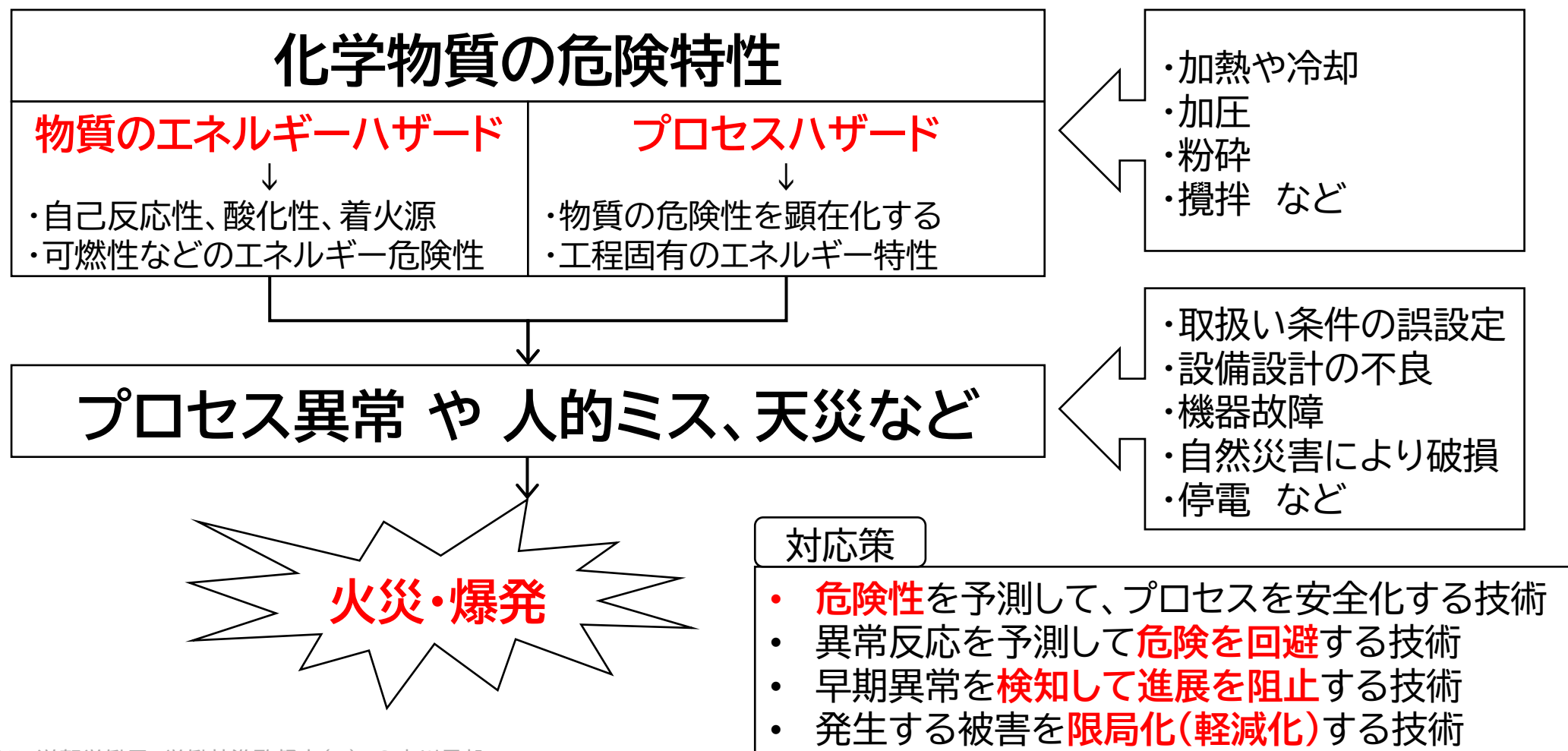
- ・ 水素、アセチレン、エチレン、メタン、エタン、プロパン、ブタンその他
温度 15°C 、1気圧において気体である可燃性の物

★危険物の中には特定化学物質であるものもある（アンダーラインは特化物）★ラベル・SDS制度の対象物質とは一致していない

GHS分類、各種法令との相関関係

GHS分類	労働安全衛生法	消防法	高圧ガス保安法
爆発物	爆発性の物		
可燃性・引火性ガス	可燃性のガス		
エアゾール、支燃性・酸化性ガス			
高圧ガス			高圧ガス
引火性液体	引火性の物	危険物第4類	
可燃性固体	発火性の物	危険物第2類	
自己反応性化学品	爆発性の物	危険物第5類	
自然発火性液体		危険物第3類	
自然発火性固体	発火性の物	危険物第3類	
自己発熱性化学品			
水反応可燃性化学品	発火性の物	危険物第3類	
酸化性液体	酸化性の物	危険物第6類	
酸化性固体	酸化性の物	危険物第1類	
有機過酸化物	爆発性の物	危険物第5類	
金属腐食性物質	腐食性液体		

化学物質とプロセスのフィジカルハザード



物質のエネルギーと危険性分類

分類	危険内容	物質名
酸化性	可燃物と接触して火災や爆発を引き起こす	酸化性気体・液体・固体
可燃性	点火源があると、空気などの酸化性物質と接触して燃焼、爆発する	可燃性気体・蒸気・液体・固体 可燃性粉じん
発火性	点火源がなくとも空気と接触して燃焼する	自然発火性気体・液体・固体 自己発熱性物質
禁水性	水と折衝して発火したり可燃性ガスを発生する	禁水性物質
自己反応性	単独で分解したり大きな反応熱を発生する	爆発性物質、分解性物質、 重合性物質、有機過酸化物
混合危険性	2種類以上の物質を混合した時、発熱・着火したり、有害物を発生する危険性	—
混合危険性	大きな熱を発生したり、危険な化学物質が生成する反応の危険性	—

酸化性物質の危険性と事故例

酸化性物質について

他の物質に**酸化**を起こさせる物質で、**可燃物と接触したり混合して燃焼や爆発を起こす**性質を持っている。

酸化性気体： 空気、酸素、塩素、フッ素、亜酸化窒素など

酸化性液体： 過酸化水素、硝酸、過塩素酸など

事故例

過酸化水素



加熱

不純物



激しく
分解

酸化性固体： 塩素酸塩、過塩素酸塩、硝酸アンモニウム(硝安)など

事故例

硝酸アンモニウム・
塩素酸カリウム

熱

摩擦

衝撃



爆発

事故例

低レベル廃棄物処理工程での火災事故

酸化性物質



可燃性物質



火災発生

酸化性物質の一般的特性

酸化性固体の一般的特性

- 常温、常圧下で固体比重は1より大きく、一般に水に溶けない
- 不燃性物質である
- 水と作用すると発熱する
- 強酸化剤で反応性に富み、強酸性に触れると分解して酸素を放出する
- 各種塩類のナトリウム塩は潮解性が強いものが多い

品名・物質名 塩素酸塩、過塩素酸塩、過マンガン酸塩、硝酸塩、過酸化塩、重クロム酸塩、有機過酸化物など
消防法危険物第1類、第5類

酸化性液体の一般的特性

- 比重は1より大きく、水によく溶けるがその際の溶解熱で発熱する
- 無機化合物で自身は不燃性物質である
- 強酸化剤であり、他の物質を酸化させ、可燃性有機物等の燃焼を促進する
- 人体に有害で、分解して有害ガスを発生する可能性がある
- 腐食性があり、皮膚を犯す可能性がある

品名・物質名 過塩素酸、過酸化水素水溶液、硝酸、フッ化塩素、三フッ化臭素、五フッ化臭素などのハロゲン化合物多くは消防法危険物第6類

酸化性物質の取扱い上の注意



酸化性物質の取扱い上の注意

1

日光の直射を**避け**換気の良い乾燥した
冷暗所に**保管、貯蔵**する

3

過熱、衝撃、摩擦を避け容器は**耐酸性**
材料で破壊しないものを使用し、危険物
の漏出を避けるため**容器**を**密閉**する

2

水、有機物、可燃性、還元性物質、
強酸類と**接触しない**ようにする

4

潮解性物質や**水**と作用して**発熱**する
物質は**湿度**にも**注意**する

事故例

硝酸アンモニウムの爆発事故(オッパウ大爆発)1921年ドイツ
4500トンの硝酸安が爆発 死者・行方不明者660人 負傷者2000人
直径165m、短径96m、深さ18.5mのクレータ

可燃性気体・蒸気による危険性

可燃性気体、蒸気の爆発限界

△特に危険性が高い物質

爆発下限界が低い物質

- ・ ガソリン 1.4vol%
- ・ エチルエーテル 1.3vol%

下限界と上限界の差が大きい物質

- ・ アセチレン

物質名	爆発下限界 (vol%)	爆発上限界 (vol%)
メタン	5.3	15.0
エチレン	3.1	32.0
アセチレン	2.5	100.0
水素	4.0	75.0
一酸化炭素	12.5	74.0
ガソリン	1.4	7.4
エタノール	3.3	19.0

高圧ガス保安法での可燃性気体の定義

「空気との混合器の**爆発下限界**が**10vol%以下**または爆発上限界と下限界の**差**が**20vol%以上**のもの」

労働安全衛生法での定義

労働安全衛生法施行令別表第一に示されており、この中に

「**可燃性のガス**（水素、アセチレン、エチレン、メタン、エタン、プロパンその他の**温度15℃、1気圧**において気体である**可燃性のもの**）」

GHSでの可燃性/引火性ガスの定義

「**標準気圧101.3kPa、20℃**において、**空気**との**混合気**が爆発範囲を有するガス

ガス爆発災害の未然防止・防護

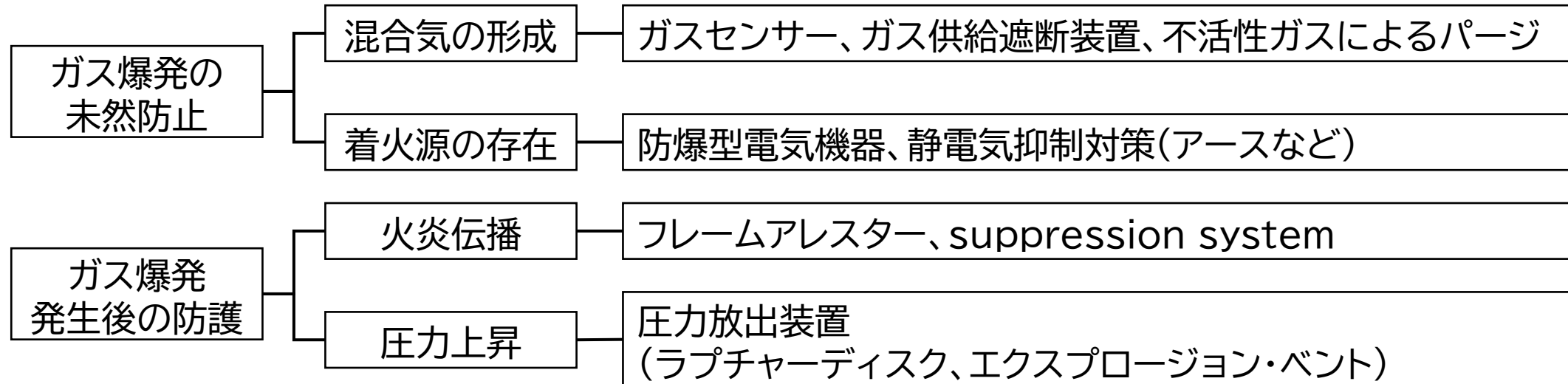
事故例 水素の爆発事故 川崎・横浜コンビナート

1949年、アンモニア合成用の水素が噴出

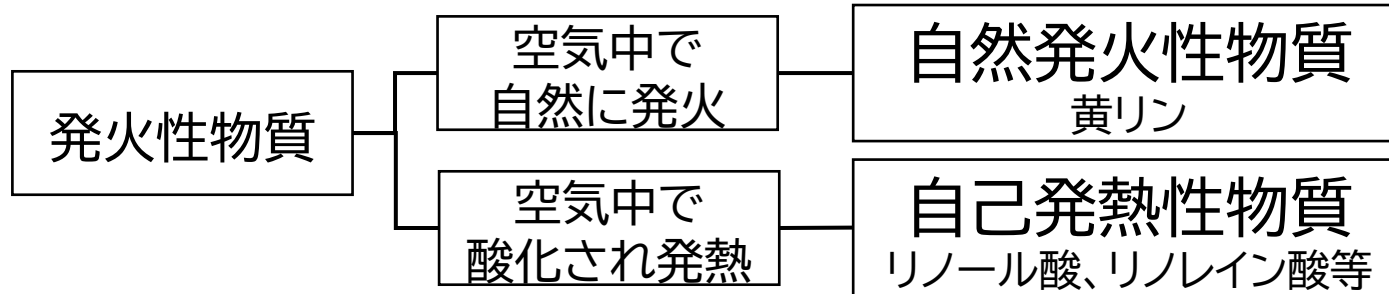
工場内の電気火花が放出時に発生した静電気によって着火。17名死亡

事故を契機としてガスの検知警報や静電気の発生防止など、可燃性ガス取扱いの安全化が進められた。

ガス爆発災害の未然防止対策及び防御の対策



発火性物質による危険性



事故例

自己発熱性物質により蓄熱火災例

- 揚げカス中の天ぷら油の予熱発火
- 酸化重合型塗料かすの発火
- 機械工場などでぼろ布に染みた機械油の発火

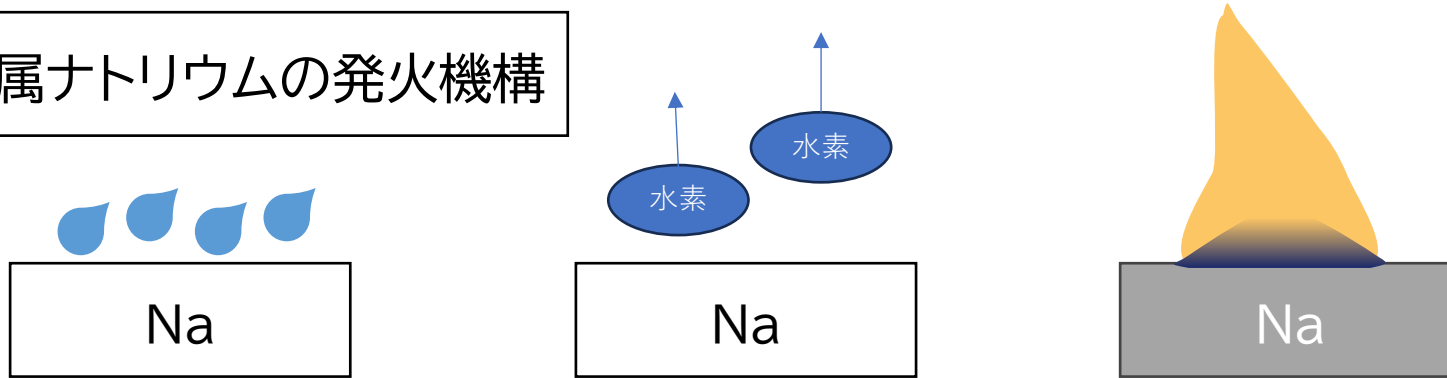
事故例

特殊材料ガス 半導体製造用ガス

半導体製造工場のプラズマCVD装置でものシランガスの流量制御装置が不調のため、大量のシランガスが排気ダクトに流れ、空気と接触して発火。排気ダクトに可燃性のプラスチックを使っていたことも、事故を拡大させた。

禁水性物質による危険性

金属ナトリウムの発火機構



金属炭化物は、水と反応して**可燃性の炭化水素**を発生
金属硫化物は、水と反応して**硫化水素**を発生

事故例 金属ナトリウムの発火事故

金属ナトリウム入りのガラスビンを運んでいる途中で落下し、床が水でぬれていたため、ナトリウムが水と発熱的に反応して、エーテルの蒸気に着火

消防法危険物第3類 禁水性物質

- カリウム
- ナトリウム
- カーバイド
- アルキルアルミニウム
- アルキルリチウム
- リン化カルシウム
- 水素化ナトリウム
- 水素化リチウム

液体酸素の危険性

- ① **液体酸素**は **-183°C** と低温なため、発火とは無縁と考えられがちであるが、海外では、液体酸素と木炭との混合物を「**産業用爆薬**」として使用している例もあり、可燃性物質との混合には細心の注意が必要である。
- ② **液体空気**は使用中あるいは貯蔵中に、**沸点の低い窒素(-196°C)**が先に蒸発して酸素濃度が高くなる可能性があり、液体酸素と同様の扱いが必要である。
- ③ **液体窒素**を開放化で**長時間放置**していると、空気の酸素が溶解して、ついで窒素の蒸発により**酸素が濃縮される可能性**もあるといわれており、液体酸素、液体空気と同様な注意が必要とされる。
液体酸素は**淡い青色**。青みがかったいたら絶対に使用しない。

混合危険性

混合危険性は、発火・爆発や熱的に不安定な物質の生成で、
ほとんどは、**酸化性物質** と **可燃性物質** の組み合わせ

🔥 混触により **発火の可能性**

過酸化ナトリウム、無水クロム酸、過マンガン酸カリウム、高度さらし粉
+ グリセリン、エチレングリコール、エタノール

💣 混触により **爆発の可能性**

過酸化水素とアミン類、液体酸素と可燃性物質

💣 感度の高い **発火・爆発危険性混合物** を生成

ヨウ素酸、クロム酸、ニクロム酸アンモニウム + 可燃性物質
オキソハロゲン酸塩 + 可燃性物質

💣 混触により **爆発性有機過酸化物** を生成

窒素 + エーテル、オレフィン

ハロゲンとアジ化物、アンモニアと金属、アジ化ナトリウムと金属、アセチレンと金属は、爆発性化合物を作る組み合わせで特に危険性が高い。

自己反応性物質による危険性

自己反応性物質

分解して熱・圧力を発生(熱、衝撃、光により分解が誘発)
ニトロ化合物やジアゾ化合物、過酸化物など特殊な官能基あり

重合により熱を発生(熱、不純物、光によって重合開始)
塩化ビニルやアクリロニトリルなど低分子の不飽和化合物が代表例

自己反応性物質の代表的な官能基の例

※特殊な官能基をもつ

・ニトロ化合物	—NO ₂	トリニトロトルエン
・ジアゾ化合物	=N ₂	ジアゾニウム塩類
・過酸化物	—O—O—	過酸化水素
・アゾド	—N ₂ —	アジ化ナトリウム
・アセチレン化合物	—C≡C—	銅アセチリド

代表的な重合性物質

※低分子の不飽和化合物

- ・塩化ビニル (CH₂=CHCl)
- ・アクリロニトリル (CH₂=CHCN)
- ・アセチレン (CH=CH)
- ・エチレン (CH₂=CH₂)
- ・テトラフルオロエチレン (CF₂=CF₂)
- ・酸化エチレン ((CH₂)₂O)

固体過酸化物……少量でも摩擦などの刺激で爆発

液体過酸化物……濃縮、過熱、不純物の混入で爆発

○危険物以外の火災防止 (労働安全衛生規則 第二節 危険物等の取扱い等)

第261条(通風等による爆発又は火災の防止)

事業者は、引火性の物の蒸気、可燃性ガス又は可燃性の粉じんが存在して爆発又は火災が生ずるおそれのある場所については、当該蒸気、ガス又は粉じんによる爆発又は火災を防止するため、通風、換気、除じん等の措置を講じなければならない。
(「可燃性粉じん」とは、粉状の危険物及び粉状の危険物以外の可燃性の粉じんをいうこと。昭和42年局長通達)

第265条(火災のおそれのある作業の場所等)

事業者は、起毛、反毛等の作業又は綿、羊毛、ぼろ、木毛、わら、紙くずその他可燃性の物を多量に取り扱う作業を行なう場所、設備等については、火災防止のため適当な位置又は構造としなければならない。

第266条(自然発火の防止)

事業者は、自然発火の危険がある物を積み重ねるときは、危険な温度に上昇しない措置を講じなければならない。(GHS分類「11.自己発熱性化学品」は、これに入る。)

○その他の規制 (労働安全衛生規則 第二節 危険物等の取扱い等)

第257条(作業指揮者)、
第258条(ホースを用いる引火性の物等の注入)、
第260条(エチレンオキシド等の取扱い)、
第261条(通風等による爆発又は火災の防止)、
第263条(ガス等の容器の取扱い)、
第264条(異種の物の接触による発火等の防止)、
第265条(火災のおそれのある作業の場所等)、
第266条(自然発火の防止)、
第267条(油等の浸染したボロ等の処理)

○化学設備規制(労働安全衛生規則 第三節 化学設備等)

第268条(化学設備を設ける建築物)、第269条(腐食防止)、第270条(ふた板等の接合部)、第271条(バルブ等の開閉方向の表示等)、第272条(バルブ等の材質等)、第273条(送給原材料の種類等の表示)、第273条の2(計測装置の設置)、第273条の3(自動警報装置の設置等)、第273条の4(緊急しや断装置の設置等)、第273条の5(予備動力源等)、第274条(作業規程)、第274条の2(退避等)、第275条～第275条の2(改造、修理等)、第277条(使用開始時の点検)、第278条(安全装置)

*化学設備の定義(労働安全衛生法施行令第9条の3第1号)

別表第一に掲げる危険物(火薬類取締法第二条第一項に規定する火薬類を除く。)を製造し、若しくは取り扱い、又はシクロヘキサノール、クレオソート油、アニリンその他の引火点が六十五度以上の物を引火点以上の温度で製造し、若しくは取り扱う設備で、移動式以外のものをいい、アセチレン溶接装置、ガス集合溶接装置及び乾燥設備を除く。第十五条第一項第五号において同じ

○その他の爆発火災規制 (労働安全衛生規則 第四節 火気等の管理)

第279条(危険物等がある場所における**火気等の使用禁止**)

事業者は、危険物以外の可燃性の粉じん、火薬類、多量の易燃性の物又は危険物が存在して爆発又は火災が生ずるおそれのある場所においては、火花若しくはアークを発生し、若しくは高温となつて**点火源となるおそれのある機械等又は火気を使用してはならない。**

2 労働者は、前項の場所においては、同項の点火源となるおそれのある機械等又は火気を使用してはならない。

第280条～第282条(**爆発の危険のある場所で使用する電気機械器具**)

第281条 事業者は、第261条の場所のうち、同条の措置を講じても、なお、可燃性の粉じん(マグネシウム粉、アルミニウム粉等爆燃性の粉じんを除く。)が爆発の危険のある濃度に達するおそれのある箇所において電気機械器具を使用するときは、当該粉じんに対し防爆性能を有する**防爆構造電気機械器具**でなければ、使用してはならない。

2 労働者は、前項の箇所においては、同項の防爆構造電気機械器具以外の電気機械器具を使用してはならない。

○その他の爆発火災規制 (労働安全衛生規則 第四節 火気等の管理)

第282条 事業者は、爆燃性の粉じんが存在して爆発の危険のある場所において電気機械器具を使用するときは、当該粉じんに対して防爆性能を有する**防爆構造電気機械器具**でなければ、使用してはならない。

2 労働者は、前項の場所においては、同項の防爆構造電気機械器具以外の電気機械器具を使用してはならない。

第283条(修理作業等の適用除外)、第284条(点検)、第285条(油類等の存在する配管又は容器の溶接等)、第286条(通風等の不十分な場所での溶接等)、第286条の2(静電気帯電防止作業服等)、第287条(静電気の除去)、第288条(立入禁止等)、第289条(消火設備)、第290条(防火措置)、第291条(火気使用場所の火災防止)、第292条(灰捨場)

○リスクアセスメント(労働安全衛生法令に基づく実施)

危険有害性のある化学物質(**現在1537物質**、令和8年4月～2316物質)について**リスクアセスメントの実施義務**が課されている。

リスクアセスメントの結果に基づくリスク低減措置は努力義務。ただし、**以下の措置はリスク低減措置の実施義務**が課されている。

- 法令に講ずべき措置が定められている場合は、法令に定められた措置
 - この場合、法令を確認した事実をもってリスクアセスメントをし、法令で定められた措置を実施した事実をもって、リスク低減措置を実施したことになります。
- リスクアセスメント対象物に労働者がばく露される程度を最小限度とする措置(安衛法第22条 安衛則第577条の2第1項)
- リスクアセスメント対象物のうち濃度基準値が設定された物質については、屋内作業場で労働者がばく露される程度を濃度基準値以下にする措置(安衛法第22条 安衛則第577条の2第2項)

○リスクアセスメント(労働安全衛生法令に基づく実施)

第57条の3 (第57条第1項の政令で定める物及び通知対象物について事業者が行うべき調査等)

事業者は、厚生労働省令で定めるところにより、第57条第1項の政令で定める物及び通知対象物による**危険性又は有害性等を調査しなければならない。**

2 事業者は、前項の**調査の結果に基づいて、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。

3 厚生労働大臣は、第28条第1項及び第3項に定めるもののほか、前二項の措置に関して、その適切かつ有効な実施を図るため必要な指針を公表するものとする。

4 厚生労働大臣は、前項の指針に従い、事業者又はその団体に対し、必要な指導、援助等を行うことができる。

○リスクアセスメント(労働安全衛生法令に基づく実施)

リスクアセスメント努力義務

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(**第57条第1項の政令で定める物及び第57条の2第1項に規定する通知対象物による危険性又は有害性等を除く。**)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。

2 厚生労働大臣は、前条第一項及び第三項に定めるもののほか、前項の措置に関して、その適切かつ有効な実施を図るため必要な指針を公表するものとする。

3 厚生労働大臣は、前項の指針に従い、事業者又はその団体に対し、必要な指導、援助等を行うことができる

化学物質の危険性 法令・主要指針・行政通達

年月・番号	名 称
平成8年6月10日付け 基発第364号	化学設備の非定常作業における安全衛生対策のためのガイドライン
平成12年3月21日付け 基発第149号	化学プラントに係るセーフティ・アセスメントに関する指針
平成17年法律第108号 平成17年11月2日公布	労働安全衛生法の改正(平成18年4月1日施行) 第28条の2 危険性又は有害性等の調査等の努力義務化 第30条の2 製造業等の元方事業者等の講ずべき措置 第31条の2 化学設備の清掃等の作業の注文者による文書等の交付の義務付け
厚生労働省告示第113号 平成18年3月10日公布	労働安全衛生マネジメントシステムに関する指針(法改正に伴う改正)
指針公示第1号 平成18年3月10日公布	危険性又は有害性等の調査等に関する指針
指針公示第2号 平成18年3月30日公布	化学物質等による危険性又は有害性等の調査等に関する指針
平成20年2月28日付け 基発第0228001号	改正 化学設備の非定常作業における安全衛生対策のためのガイドライン
厚生労働省告示第133号 平成24年3月16日公布	化学物質等の危険性又は有害性等の表示または通知等の促進に関する指針
厚生労働省令第9号 平成24年1月27日公布	労働安全衛生規則の改正(平成24年4月1日施行) 危険有害化学物質等に関する危険性又は有害性等の表示等【ラベル表示】
平成25年4月26日付け 基発0426第2号	化学プラントの爆発火災災害防止のための変更管理の徹底等について
平成26年5月16日付け 基発0516第1号	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)
平成26年法律第82号 平成26年6月25日公布	労働安全衛生法の改正(平成28年6月1日施行) 表示対象物及び通知対象物についてリスクアセスメントの義務化
令和4年政令第51号 令和4年2月24日公布	労働安全衛生施行令の改正(令和5年4月1日施行) 注文者が必要な措置を講じなければならない設備の範囲の拡大

爆発・火災防止のための技術

キミたちの理工系頭脳が労働基準監督官の能力の幅を広げていく

火災が起きる条件

基本的な考え方

「**可燃物・酸素・着火源の3要素を管理する**」こと

可燃物	ガス、ガソリン、有機溶剤、粉じんなど
酸素	空気
着火源	電気器具、溶接火花、静電気など

この3つが同時に揃うと危険。したがって、どれかを制御することでリスクを下げる。

燃焼3要素の管理ポイント

- **可燃物の管理**

- 揮発性物質の濃度を爆発下限値未満に保つ(換気)
 - 作業温度を上げすぎない(温度管理)

- **酸素の管理**

- 密閉系では空気との接触を制御
 - 開放系では現実的に困難なので他要素で対策

- **着火源の管理**

- 防爆構造の照明・機器を使用
 - 静電気対策(導電性床、帯電防止服、安全靴)
 - アース接地
 - 防爆未対応の電子機器持ち込み禁止
 - 摩擦・振動による火花防止

反応の四要素

【燃焼が起きる三要素】：①可燃物、②空気(酸素)、③着火源(熱エネルギー)

【燃焼が継続する三要素】：①可燃物、②空気(酸素)、③ 高温の維持(連鎖反応)

【燃焼が起きる三要素】

❖ 反応の四要素①可燃物、②酸素、③ 連鎖反応、④連鎖反応

着火源

可燃物

空気

高温の維持

【燃焼が継続する三要素】

消火の原理

窒息：②空気を取り除く⇒ 泡消火(不燃性の泡)

除去：①可燃物を取り除く ⇒ 町火消し

冷却：燃焼の継続に必要な
③高温の維持を取り除く

⇒ 水消火(棒状注水)

妨害：②空気(酸素)濃度を下げる

⇒ 不活性ガス(ハロンガス等)

爆発とは

「化学的变化及び物理的变化によって起きる急激な圧力の発生または解放の結果、爆音や破壊が起きる現象」

急激な気体体積の膨張を伴う

一般には、熱と光を発する酸化反応（燃焼）が急激に進む現象。反応速度が音速を上回ることによって衝撃波が生じ、爆裂音と衝撃圧力が発生する。類似：爆発的燃焼）

参考 安衛研ニュースNo. 136（2020-03-06）

爆発の中の爆発 | 労働安全衛生総合研究所



https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/mail_mag/2020/136-column-1.html

爆発の種類

- 1 **固体・液体の分解爆発**(例: 火薬類(ニトロ)、有機過酸化物、ジアゾ化合物)
- 2 **可燃性ミスト・粉じんの爆発**(例: 噴出した作動油、樹脂粉末、金属粉末)
- 3 **酸化性のものを可燃物や還元性物質と混合したため、あるいは混合物が摩擦、衝撃、過熱により起こす爆発**
- 4 **可燃性ガス、蒸気の爆発**(例: 水素、ガソリン)
- 5 **分解性のガスの分解**(例: 酸化エチレン: $C_2H_4O \rightarrow 1/2 C_2H_4 + CO + H_2$ 等、アセチレン: $C_2H_2 \rightarrow 2C + H_2$)
- 6 **水蒸気爆発**(水の気化での体積急増による高熱物質飛散。化学変化はない。)
- 7 **その他(反応暴走)**
(例: 重合性物質(塩化ビニル、酢酸ビニル等)のモノマーの爆発的重合(激しい発熱と圧力の急上昇で、容器・装置を破壊)。二次的に酸化爆発を生じて被害を拡大。)

引き金事象(Trigger Event:トリガー)

- 停電、漏水、自然災害など外部要因
- ヒューマンエラー(操作ミス)

**複数要因が重なることで事故が発生する。
想定外を減らすことが重要**

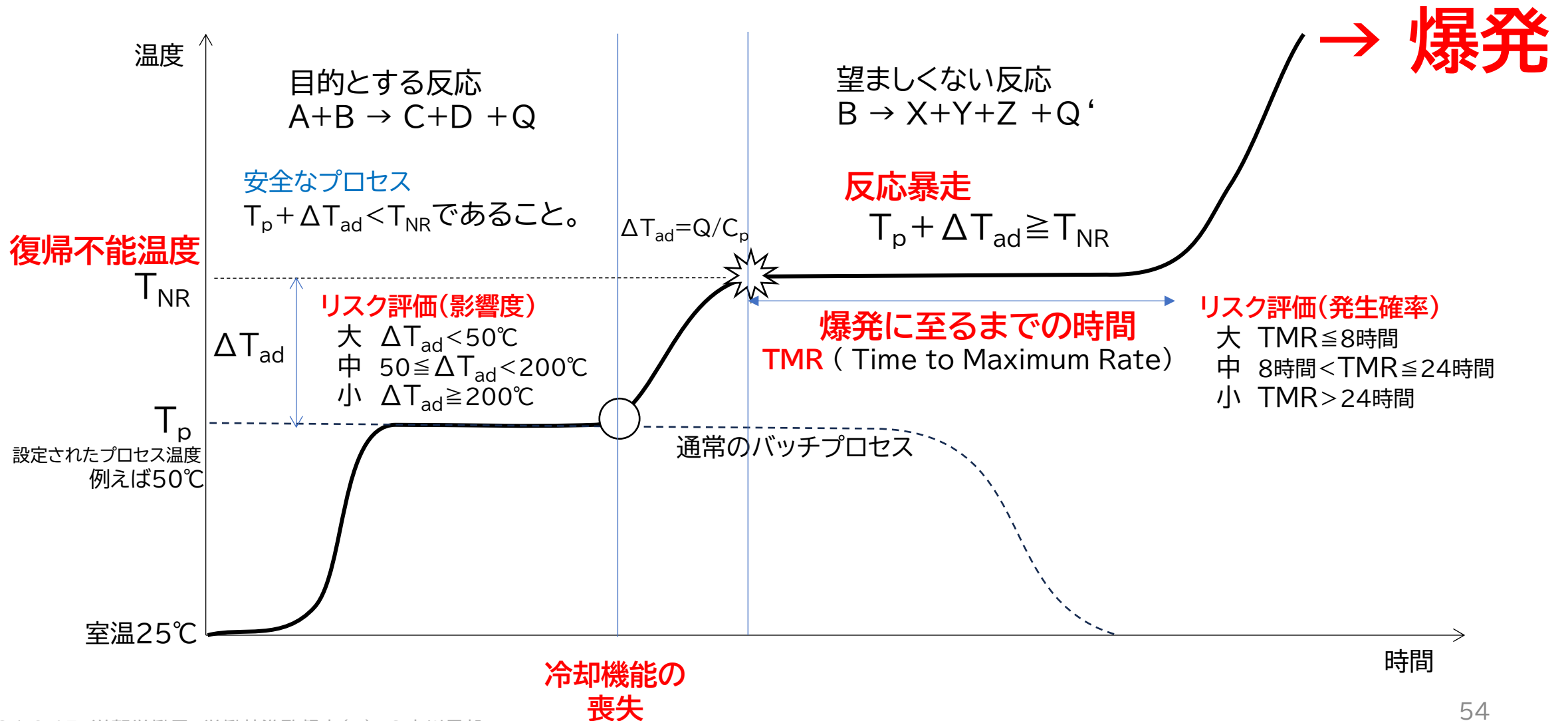
暴走反応(Runaway Reaction)

何らかの原因(引き金事象トリガー)で反応や貯蔵、蒸留などの工程で**熱的制御が不能**になり、

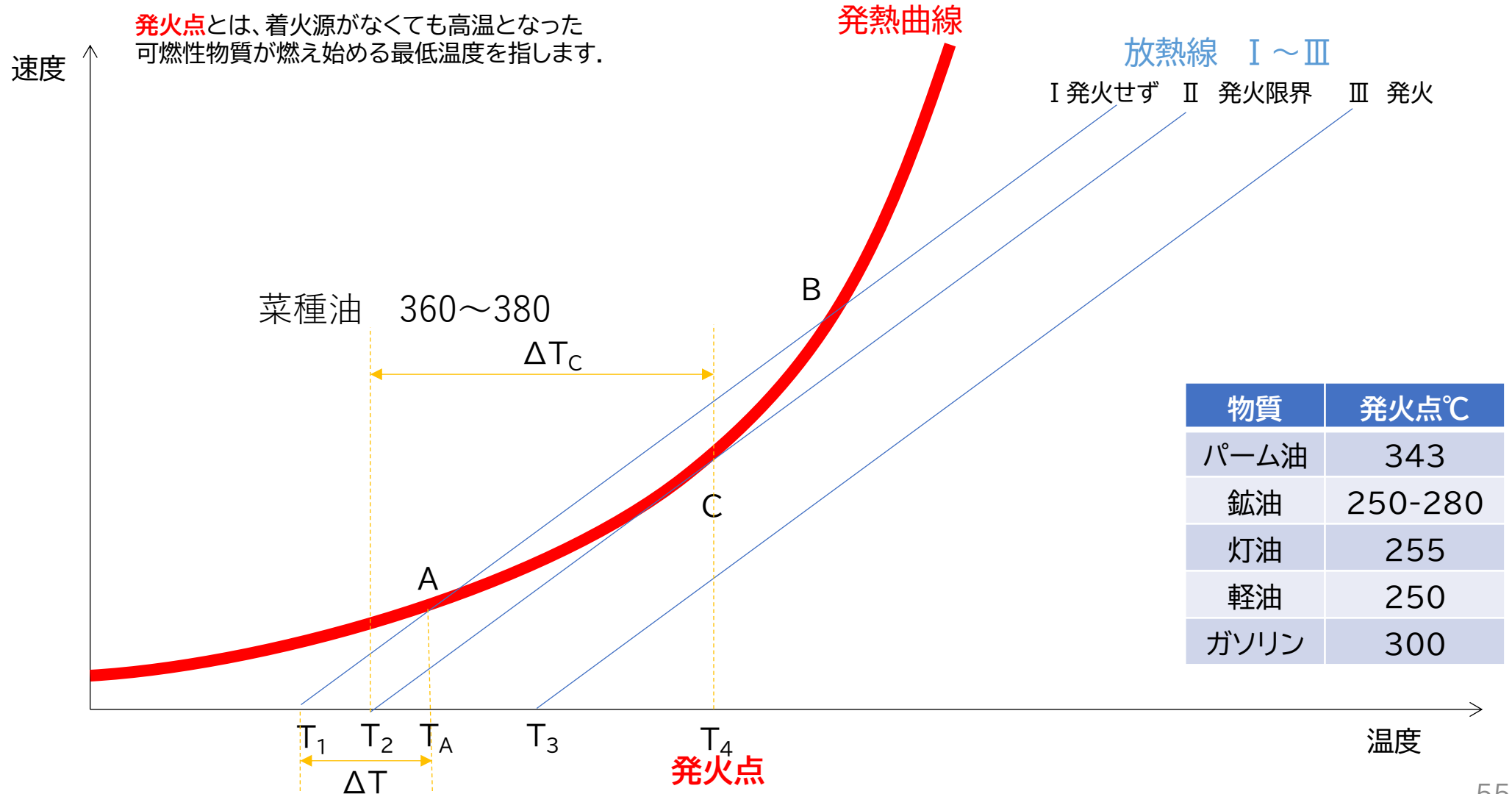
1. 反応温度の過熱による反応内容物の蒸気圧上昇
2. 過熱による原料や製品の急激な分解
3. 不安定物質の精製、蓄積とその急激な分解等

を経て、**装置の破壊**や**反応内容物の噴出等に至る現象**をいう。

冷却機能喪失による暴走、爆発



発火の条件（発熱と放熱とのバランス）



引火性のもの・可燃性ガスによる爆発

1. 爆発範囲（引火性の物、可燃性ガス）

空気と混合しているとき、

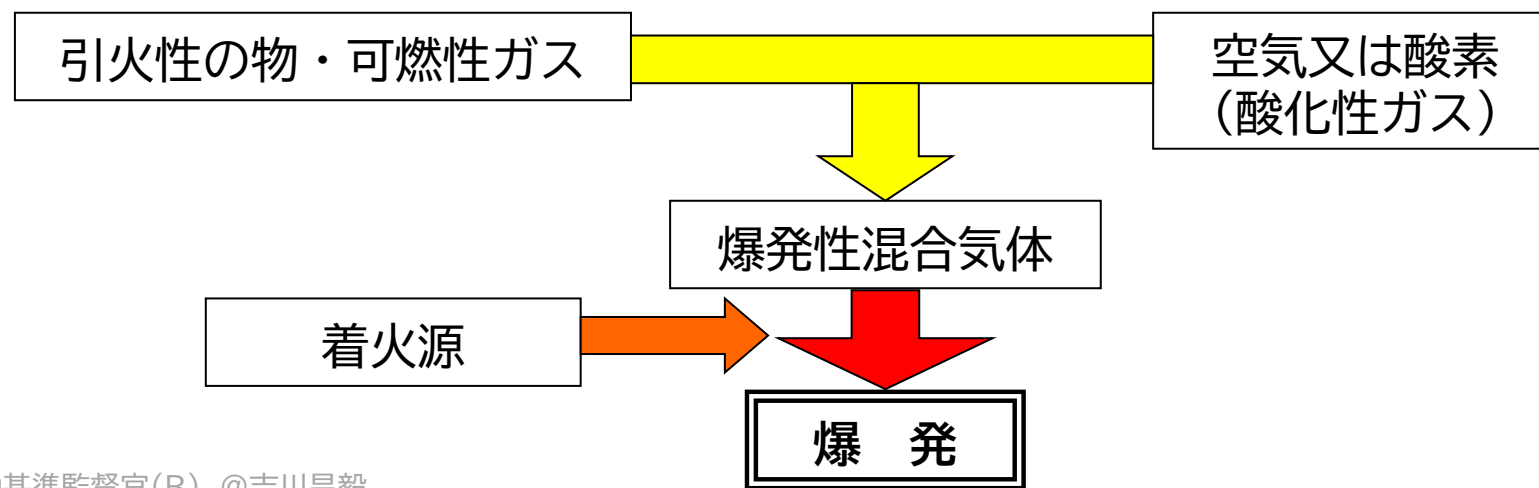
点火して爆発を起こす混合割合の範囲（爆発下限界～爆発上限界（％））

例 アセチレン：2.5％～100％ 水素：4.0～75％ ガソリン：1.4～7.6％

2. 酸化性ガス 酸素、圧縮空気（そのものが燃えるのではない）

3. 蒸気密度 空気に対する液体の蒸気の密度（液体の分子量÷28.8）

1 より大きいと低い所に滞留しやすい 例：エタノール 1.6



燃焼・爆発の着火要因

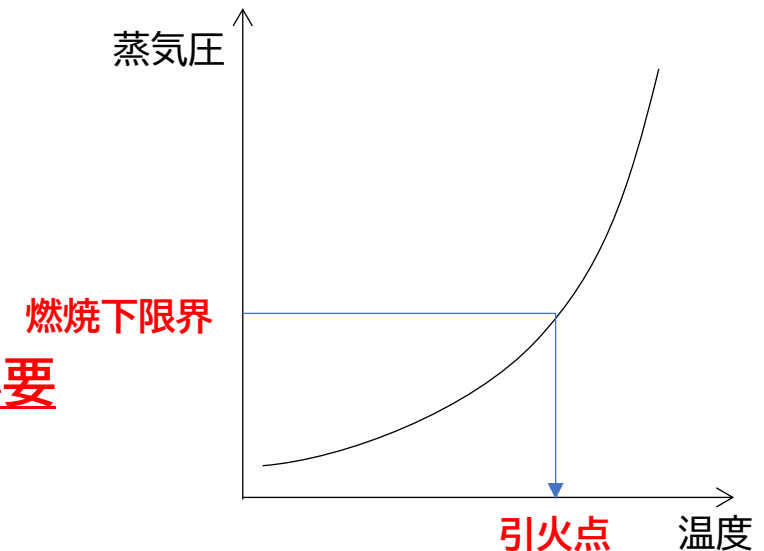
1. 熱

- **発火点(発火温度)** 可燃性物質を空气中で加熱し、活性化エネルギーを超えることで、**点火源なし**に発火するときの可燃性物質の温度。**※ 発火点 ≠ 引火点**
- **分解(開始)温度** 液体又は固体を空気の存在しない状態で、分解する温度

※ 発火点 ≠ 引火点

引火点とは、可燃性の液体又は固体を加熱し、その表面近くに発生する **蒸気の濃度** が **燃焼下限界**に達した温度。

→ 活性化エネルギーを超えるために**点火源が必要**



燃焼・爆発の着火要因

2. 裸火、電気火花、静電気火花

溶接等の火花などは非常に高温であるため、容易に発火させうる。

- **最小着火エネルギー**: 空気中にある可燃性ガスや粉体等を発火させるのに必要な最小のエネルギー。可燃性ガスや蒸気は0.2～0.3mJ、粉体はその10～100倍必要(粒径が小さければより小さくなる傾向)
- **静電気**: 固体などの接触→分離、液体などの流動・噴出などで発生し、化学物質自体及び装置類に帯電。電気量は、導電率が小さいものほど帯電しやすい。

燃焼・爆発の着火要因

3. 衝撃、摩擦

衝撃、摩擦などの機械的エネルギーで発火、分解、爆発を起こす（自己反応性物質等）

4. 混触危険

他の化学物質との接触により発熱や発火する

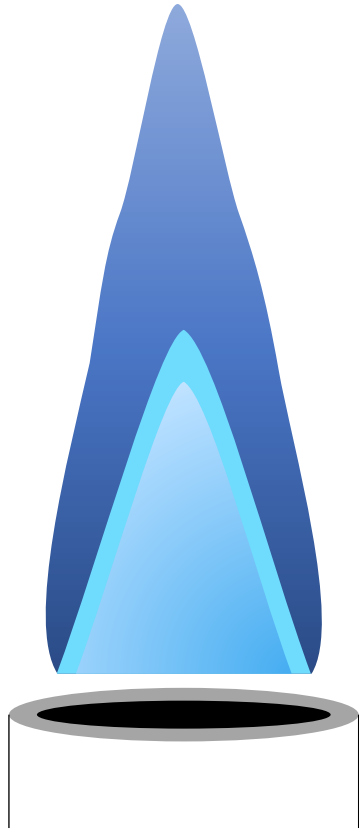
- ・ 空気との接触 → 黄りん等自然発火性物質
- ・ 水との接触 → 金属ナトリウムなど
- 禁水性物質 等

5. 自然発火

物質が常温の空气中で発熱した熱が長時間蓄積されて発火点に達し、燃焼を起こすに至る現象

- ・ 分解熱（セルロイド等）
- ・ 酸化熱（石炭、ウエスで拭き取った油脂等）
- ・ 吸着熱（活性炭等）
- ・ 発酵熱（微生物(堆肥等)）

燃焼の予測・制御



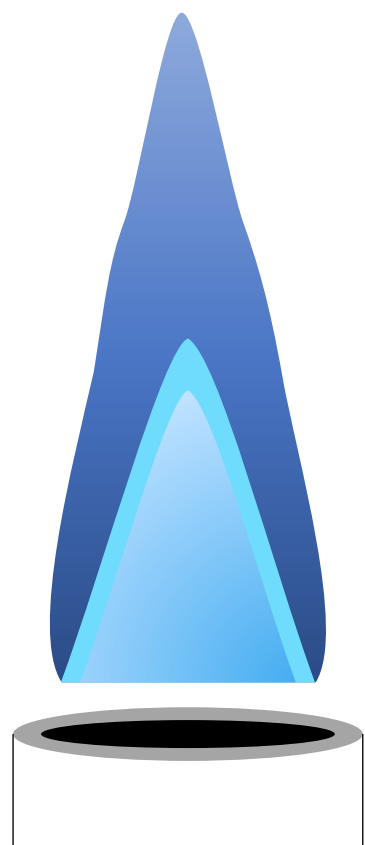
- 火炎の構造
→ 燃焼速度

- 燃料の等量比
→ 可燃限界

炎の様子からイメージしていこう！

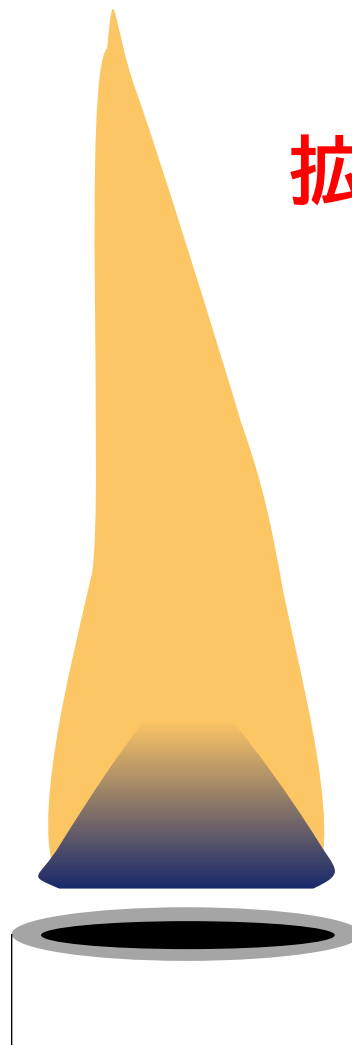
火炎の種類

予混合火炎



火炎に自己伝ぱ性がある。
→ **ガス爆発に見られる火炎**
である。

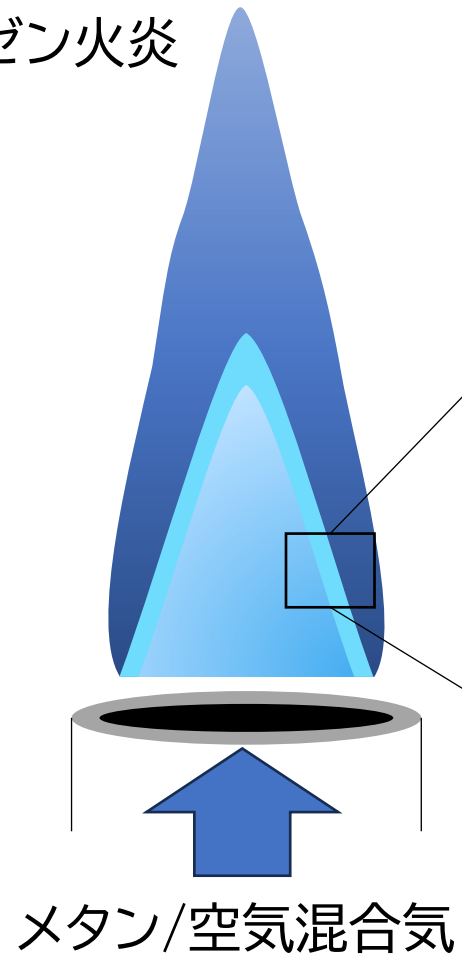
拡散火炎(非予混合火炎)



火炎に自己伝ぱ性がない。
火炎が揺らぐ・動くのは、酸化
剤と可燃性ガスの気流とガス
の濃度変化による。
→ **火炎に見られる火炎**
である。

火炎構造

ブンゼン火炎

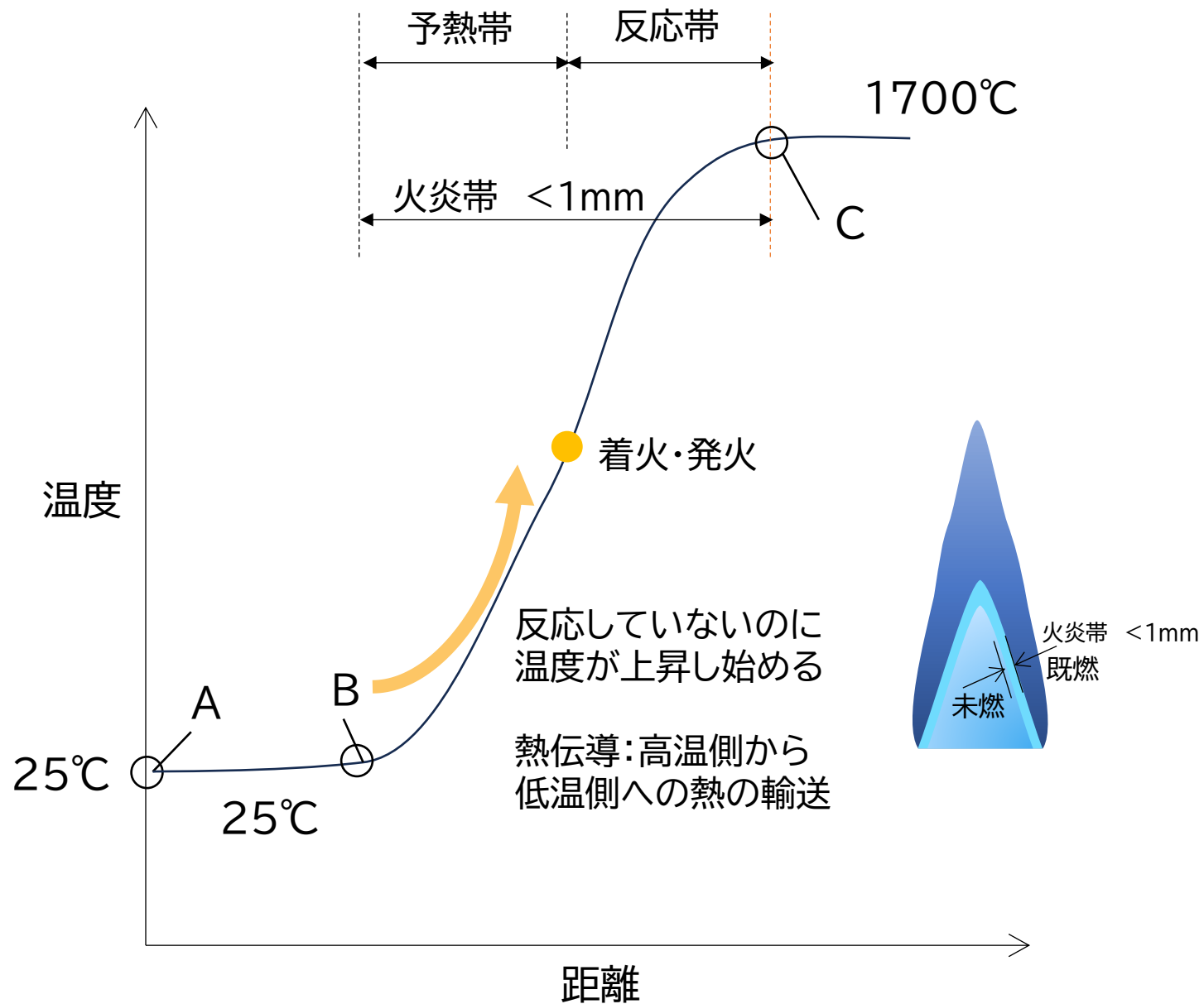
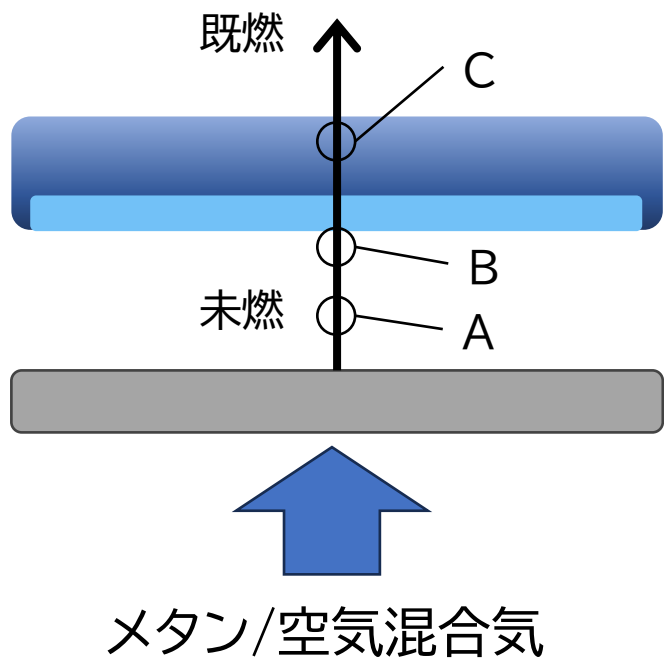


平面火炎

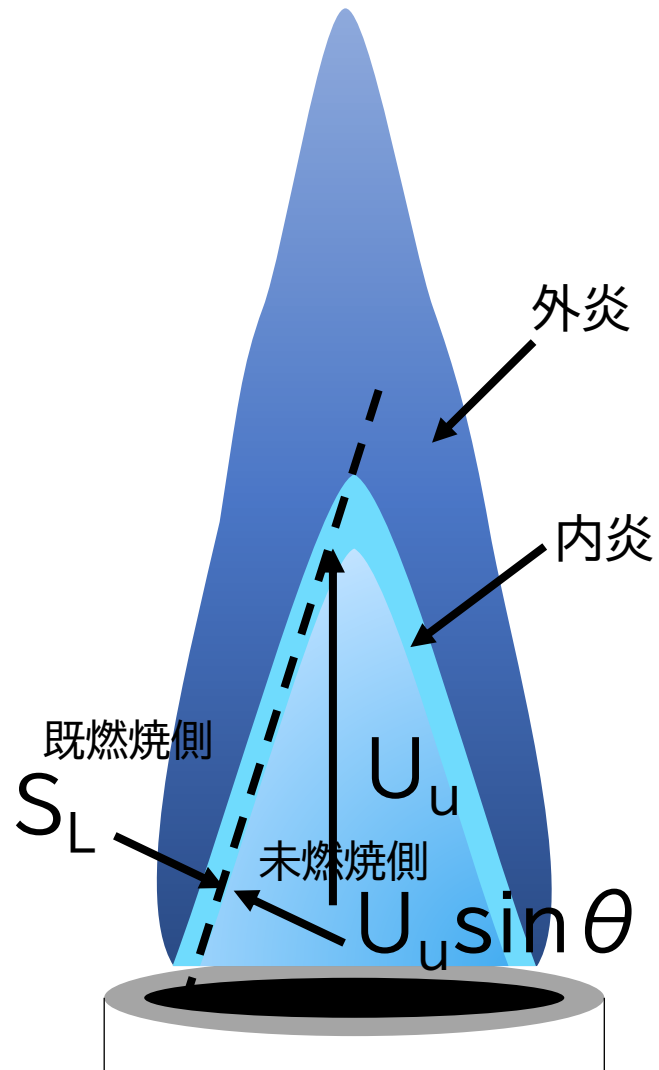


メタン/空気混合気

火炎構造



予混合火炎の燃焼速度 S_L



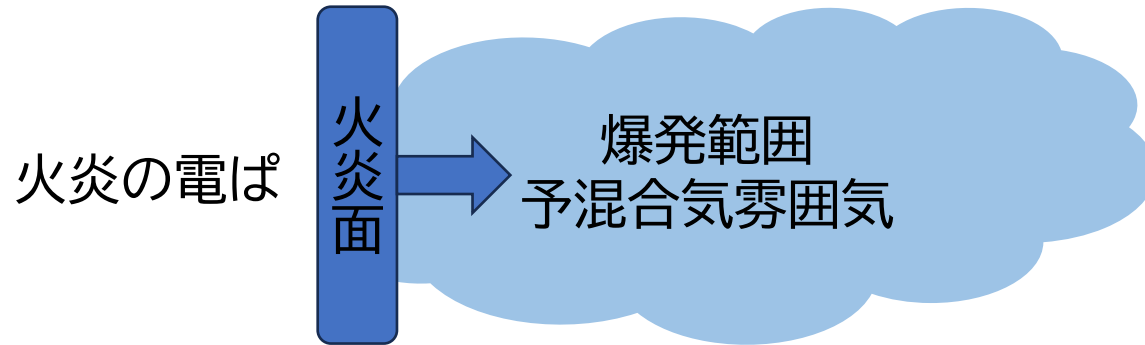
一般に、燃焼速度 S_L は火炎の傾きから求められる。

$$S_L = U_u \cdot \sin \theta$$

U_u : 未燃焼混合気の気流速度

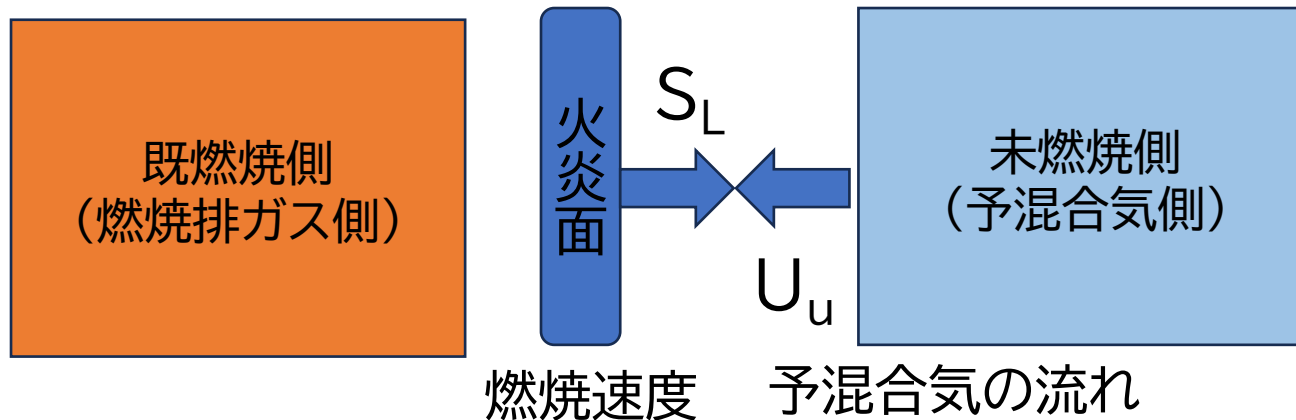
θ : 火炎の傾き

予混合火炎の燃焼速度 S_L



火炎は爆発範囲の予混合気雰囲気を伝ばする性質を有する。

【伝ばする火炎が静止しているときの火炎と流れの釣り合い】

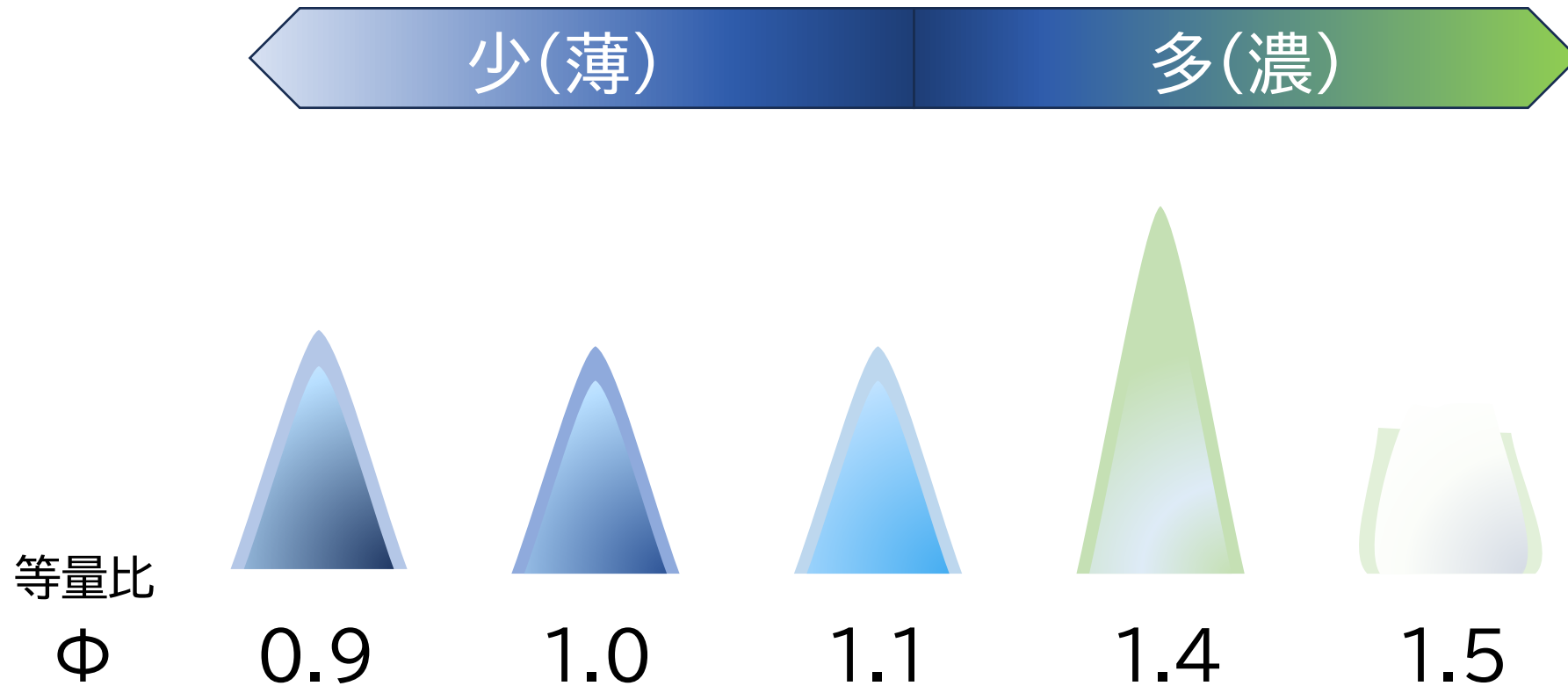


→火炎面に正対する予混合気に流れがあるとき、その流れの火炎面の垂直成分の速度と火炎の燃焼速度が同じ場合は、火炎は静止座標では止まって見える(定在している、という)。

$S_L = U_u$ で火炎が定在: 火炎の伝ばは見かけ上なし

等量比と火炎

バーナー火炎 燃料の量を変化



等量比に関する問題

都市ガス(メタン)と空気を燃焼させるとき、もっとも活発に燃焼反応が生じるのはどれか？

- A) 都市ガス : 空気 = 1 : 9
- B) 都市ガス : 空気 = 5 : 5
- C) 都市ガス : 空気 = 2 : 8

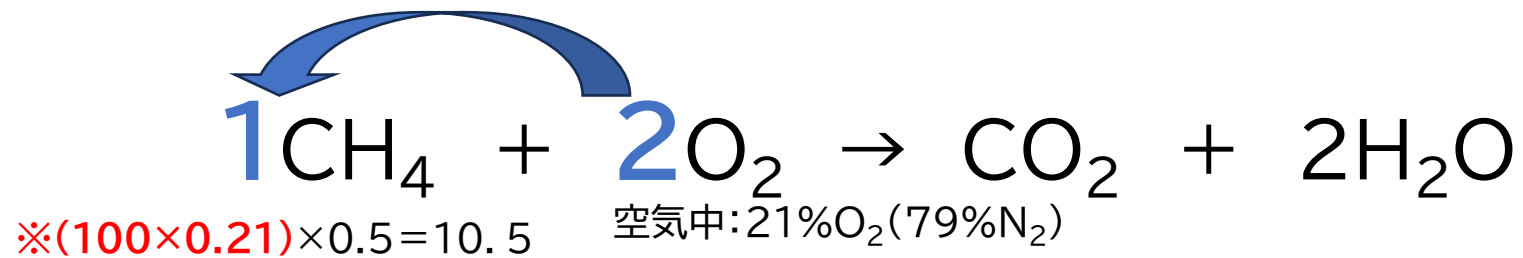
参考：広島大学大学院 先進理工系科学科 燃焼工学研究室
燃焼学－火炎の構造と可燃限界－

<https://www.youtube.com/watch?v=UWym6UMZRDA>

燃料と酸化剤の量的関係　－理論燃空比

燃料と空気が過不足のない燃空比を「理論燃空比」と呼ぶ

メタンは酸素の半分でよい※



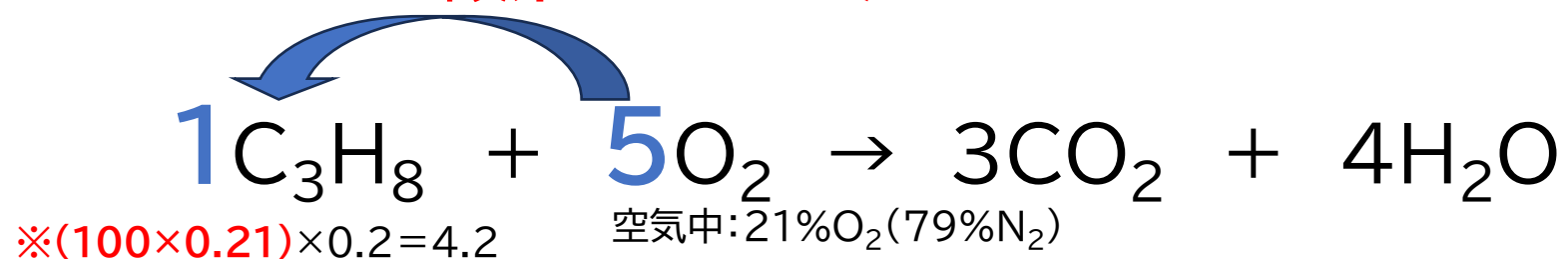
CH ₄	O ₂	N ₂
9.5%	: 19.0%	: 71.5%
$10.5 \times 100 / 110.5$	$21 \times 100 / 110.5$	$79 \times 100 / 110.5$

メタンの場合10%程度で最も活発に燃焼する！

燃料と酸化剤の量的関係　－理論燃空比

燃料と空気が過不足のない燃空比を「理論燃空比」と呼ぶ

プロパンは酸素のたった1/5でよい※



C ₃ H ₈	O ₂	N ₂
4.0%	: 20.2%	: 75.8%
$4.2 \times 100 / 104.2$	$21 \times 100 / 104.2$	$79 \times 100 / 104.2$

プロパンの場合、たった4%程度で最も活発に燃焼する！

ガス・蒸気の燃焼範囲(爆発範囲)

可燃性物体	下限界 [体積%]	上限界 [体積%]	最大燃 焼速度 [cm/s]	最大燃焼速 度における 濃度[%]
メタン	5.0	15.0	33.8	10.0
エタン	3.0	12.4	40.1	6.3
プロパン	2.1	9.5	39.0	4.5
アセチレン	2.5	100.0	141	10.1
n-ヘキサン	1.2	7.4	38.5	2.5
トルエン	1.2	7.1	33.8	2.4

- 爆発範囲を示すLFL(下限界)とUFL(上限界)は温度と雰囲気圧力の影響を受ける。
- 爆発範囲における温度依存性と圧力依存性は, LFL側は小さいが, 相対的にUFL側のほうは大きい傾向がある(結果として爆発範囲が広くなる)。

参考:安全工学協会編:安全工学便覧 改訂, コロナ社, 第3章, 1980.11
3・2・7 爆発限界、3・2・8 燃焼速度

燃焼範囲に関する豆知識

問題 燃焼範囲は重要なデータであるが、誰が測ってくれたのか？

答え アメリカ鉱山局（現在は、解散し存在しない）

創設1910年。**石炭採掘現場での爆発事故を防止するため。**

当時は、ランプで明かりを取る必要があり、可燃性ガスの中でランプを灯せるかどうか、様々な可燃性ガスの爆発範囲をデータベース化して残していた。

デービー灯(メッシュの網で囲ったランプ、ランプの火炎が網の外まで伝播しない、つまり爆発しないランプ)の実用にも関わっている

危険性リスクの見積もり

まずは、やさしく危険性に関するリスクアセスメントの基本をおさらいします！

リスク見積もりの基本

- ハザードはプロセスや物質固有の危険有害性(重篤度)である。
- 許容可能かどうかはリスクで考える。

- リスクは **ハザード** × **発生確率** で評価。

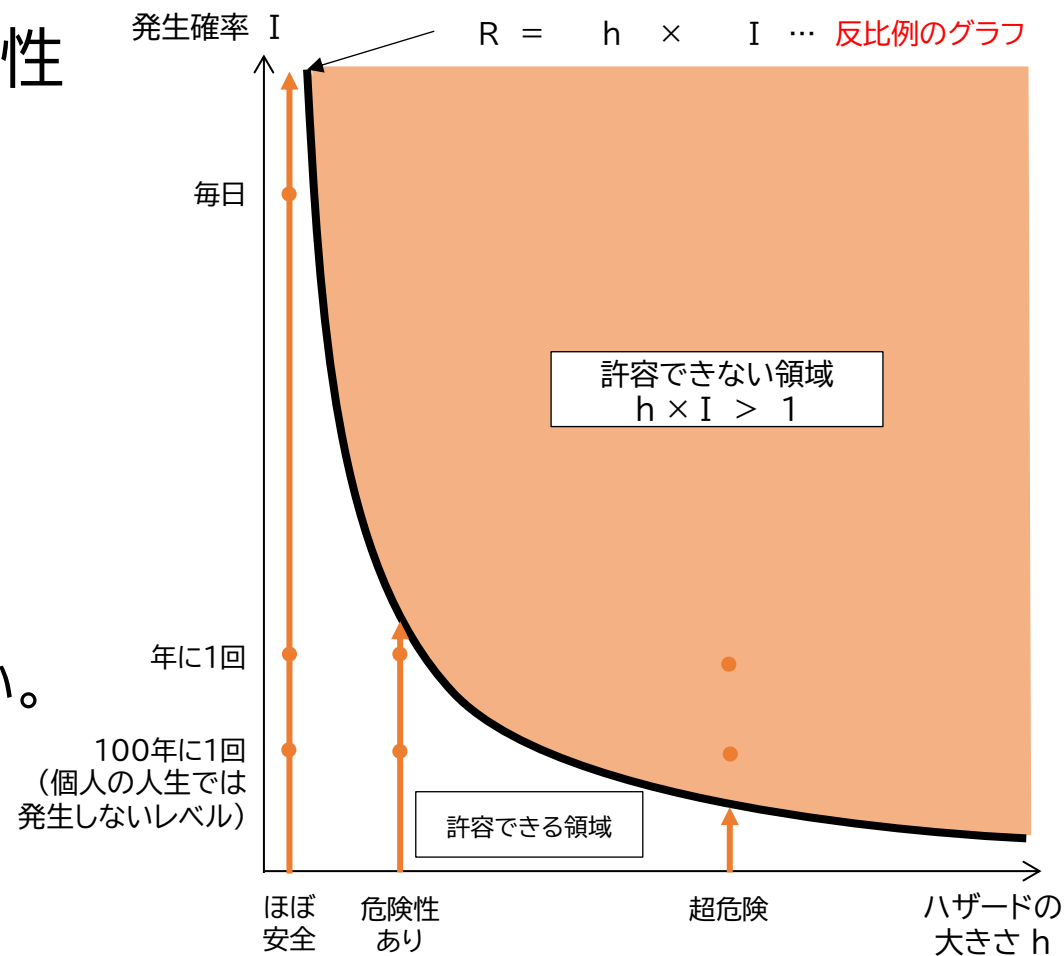
$$R = h \times I \quad \text{反比例関係} \quad \text{右グラフを参照}$$

重篤度の高い災害は発生頻度が低くてもリスクが高い。
軽微災害でも発生確率が高ければリスクは高い。

許容できない領域 $h \times I > 1$

ハザード プロセスや物質固有の危険有害性(重篤度)

$$\text{リスク} = \text{ハザード} \times \text{発生確率(量・頻度)}$$



発生確率の見積もり

- 装置の故障要因
破損、腐食、摩耗、緩み、電気系統トラブル(短絡、絶縁不良など)
- ヒューマンエラー要因
スイッチ切り忘れ、タイミングずれ、手順前後、投入量過不足
- 故障率は過去データや類似設備から推定。
- ヒューマンエラーは作業頻度・複雑さを考慮。

重篤度の見積もり

- 災害時の要因
発災場所、作業者位置、避難時間、有毒ガス拡散範囲
- 評価対象
作業者安全、設備損傷、周辺住民健康、環境影響、社会的信用

リスクレベルの決定

- 発生確率と重篤度を組み合わせて リスクマトリックスで評価
- 日本学術会議の参考値
 - 許容できない基準 $10^{-3} \sim 10^{-4} / \text{年}$
 - 生涯死亡リスク目標 $10^{-5} \sim 10^{-6} / \text{生涯}$
- エミールボレル著「確率と生活」 ゼロとみなし得る確率
個人的尺度 $\cdots 10^{-6}$ 地球学的尺度 $\cdots 10^{-15}$ 宇宙学的尺度 $\cdots 10^{-50}$
- ALARP原則 合理的に実行可能な限りリスクを低減
As Low As Reasonably Practicable

注意点

- リスク評価は化学物質管理者単独でなく、関係者でブレインストーミング。
- 外部専門家による定期確認で質を担保。
- 結論ありきで逆算しないこと。

リスクアセスメントRAによる 事故防止技術

見えないものを見えないままにしないこと！

理工系頭脳をもつキミたちなら、見えない危険が見えてくるはず。
RAを分析・評価する技術

法的実施義務（化学物質RA）

- 平成26年6月25日に「労働安全衛生法の一部を改正する法律」が公布され、通知対象物質（当時640種類、現在1537物質）については、リスクアセスメントが義務化された（平成28年6月1日から施行）。
- 該当物質を取り扱っている事業場では、その**取扱量**や**設備規模の大小にかかわらず**、リスクアセスメントを実施しなければならない。
- 爆発・火災を防止するためには、生産活動を始める前に、リスクアセスメントを実施し、的確なリスク低減措置を実施すること。

ヒヤリハット、危険予知とRAの違い

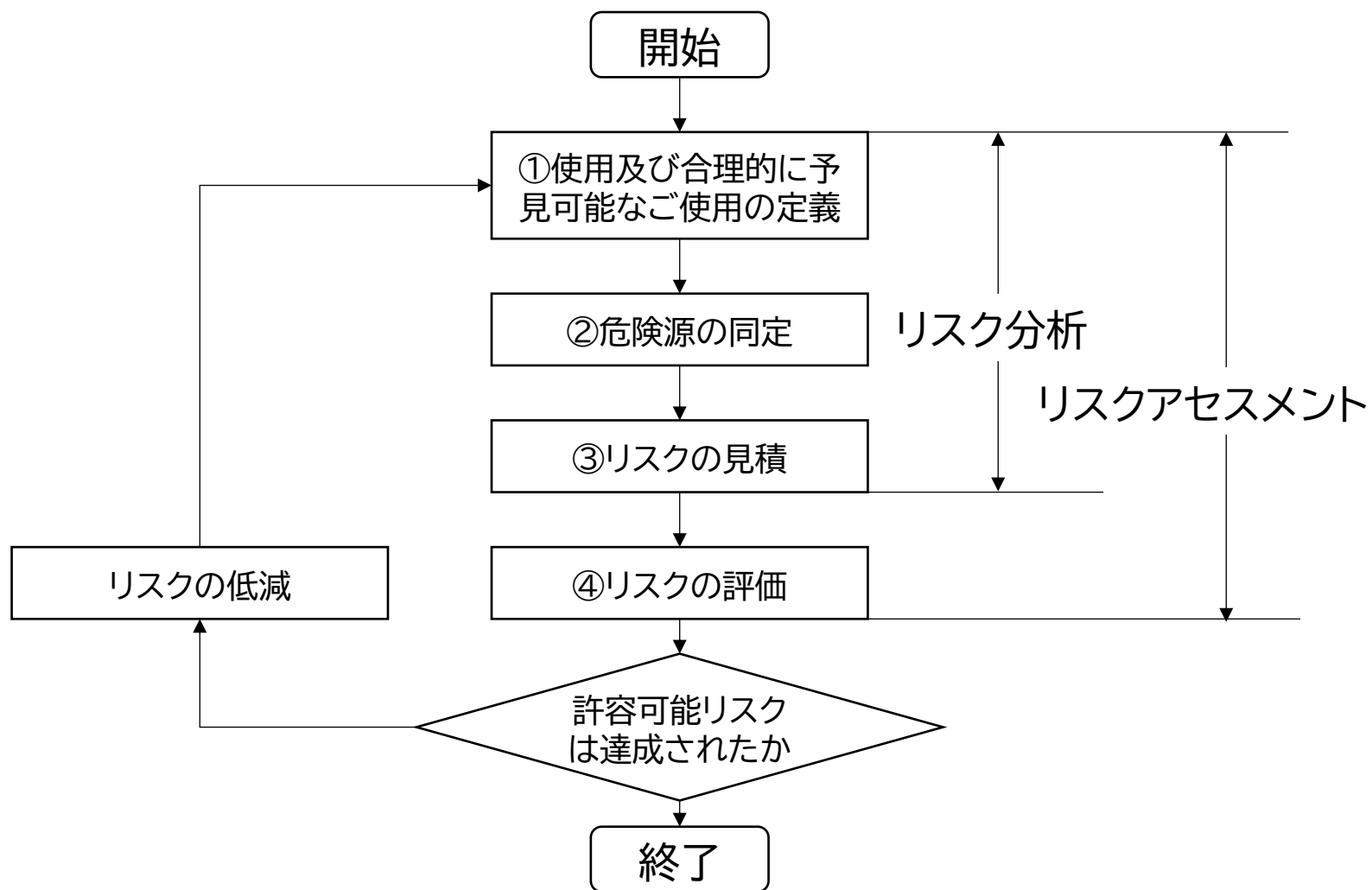
- 近年、多くの事業場で、ヒヤリハット情報の収集、危険予知(KY)訓練、体感教育などによる**危険感受性を高める取り組み**が実施され、労働災害防止や火災・爆発などの事故防止に寄与している。
- これらは過去に経験した危険な状況(運良く大きな災害に至らなくて済んだ出来事も含む)について、関係者全員で「**情報共有する**」あるいは個々の作業者が「**危険性を把握する**」というものであって、リスクアセスメントとは目的が異なる。

ヒヤリハット、危険予知活動をもって、**リスクアセスメントを実施したことはない**ことに注意すること

リスクアセスメントを行う目的

- 潜在する危険を顕在化させる危険源を網羅的に見つけ出すこと
(**危険源の同定**)
- 危害の程度(重篤度)と発生確率を組み合わせたリスクのレベルを決めること(**リスクの見積とリスクの評価**)
- リスクレベルの高いものから順番にリスク低減措置を検討し, 実施すること(**リスクの低減**)

JISZ8051 RA及びRA低減の反復プロセス



火災・爆発を防止するためのRAの課題

- ① 化学物質や反応プロセスについて、火災や爆発などを引き起こす危険性(通常の操業状態では経験することのないもの)を網羅的に想定するのは難しいこと。
- ② 潜在する危険を顕在化させる危険源を特定し、さらに、どのような条件が重なれば火災・爆発発生に至るのかを同定するには、専門的知識が必要となること。
- ③ リスク低減措置として、より有効である本質安全対策や工学的対策を実施するのは簡単ではないこと。

危険性に関するRAの実施方法

リスクアセスメントには **簡易的手法** と **詳細解析手法** がある。

- **簡易的手法**

- スクリーニング支援ツール(職場のあんぜんサイト)
- CREATE-SIMPLE(厚労省)

- **詳細解析手法**

- 安衛研手法(JNIOSH) ・労働省方式(セーフティ・アセスメント指針)
- JISHA方式(中央労災防止協会) ・HAZOP(高压ガス保安協会)

RAツール・手法の概要（簡易式・詳細）

	詳細程度	概要
①スクリーニング支援ツール 厚労省 職場のあんぜんサイト	簡易的手法 初期リスク評価	「化学物質の危険性」「プロセス・作業の危険性」「設備・機械の危険性」「リスク低減措置の導入状況」の4種類のチェックフローにより代表的な発火・爆発等の危険性などを評価
②CREATE-SIMPLE 厚労省 職場のあんぜんサイト	簡易的手法	GHS区分情報と取扱条件(着火源の有無等)から取扱物質の危険性についてリスクを見積もる。化学物質が潜在的に有する危険性に気づくことを主目的としプロセスについては対象外としている。
③化学プラントにかかるセーフティ・アセスメント 労働省方式	詳細なリスク評価	5段階の情報整理、相対的危険評価、プロセス安全性評価(HAZOP、FMEA、FTA、What-if等)などにより、プラントの安全対策を総合的に評価
④爆発・火災等のための化学物質RA手法 JISHA方式	主に化学物質の取り扱いに関するリスク評価	化学物質の危険性のランク、燃焼の3要素、異常の発生頻度、影響の重大性の4つの観点からリスクレベルを評価
⑤プロセスプラントのプロセス災害防止のためのリスクアセスメント等の進め方 安衛研方式	詳細なリスク評価	チェックリストで爆発・火災危険性の有無を把握するとともに、危険な状態を顕在化させる事象(引き金事象)として作業・操作の不具合、設備・装置の不具合、外部要因などを想定し、網羅的にシナリオを同定
⑥化学物質の危険性初期リスク評価ツール 日化協	法令準拠	労働安全衛生法 安衛則第四章などの規定を確認する方法
⑦リスクアセスメント・ガイドライン (Ver.2) 高圧ガス保安協会	詳細なリスク評価	設備のシャットダウン、スタートアップ、保全作業中などの非定常時に固有の危険源を洗い出すために非定常HAZOP等により評価



解析手法の概要

労働省方式(セーフティ・アセスメント指針)などで使用

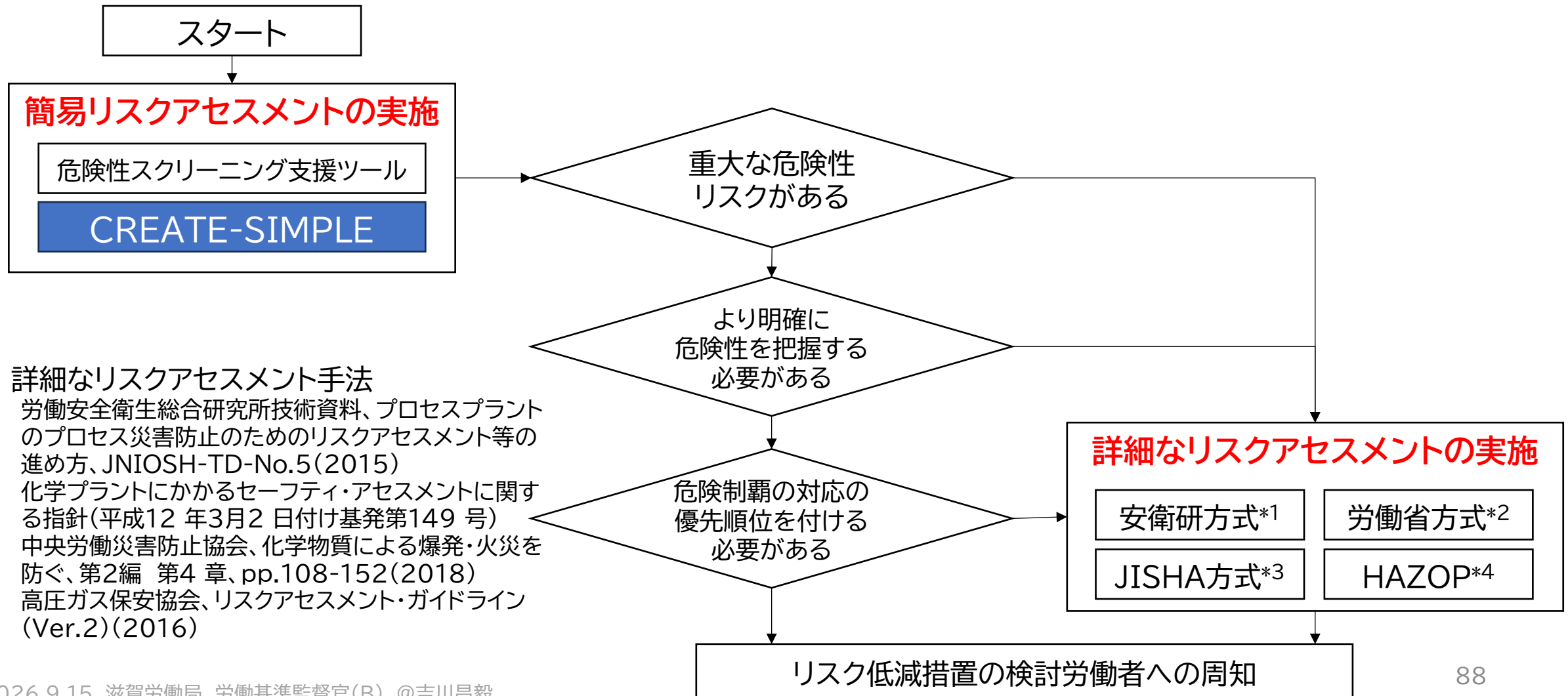
		概要
⑦ HAZOP (Hazard and Operability)	連続系 HAZOP (定常系)	連続プロセスの定常運転状態を対象として適用される。プロセスプラントを構成する1本のライン又は機器に着目し、流量、温度、圧力、液レベルといったプロセスパラメータの正常状態からのずれを想定する。次に、ずれの原因となる機器故障、誤操作などを洗い出し、それらが発生した場合のプラントへの影響を解析し、ハザードを特定する手法である。ずれの想定にあたってはNo(なし)、Less(過少)、More(過大)などのガイドワードとプロセスパラメータを組み合わせる。
	バッチ系 HAZOP (非定常系)	バッチ反応プロセス及びプラントのスタートアップ、シャットダウン、加熱炉の点火操作などを対象としたHAZOP手法である。バッチ反応HAZOPにおいては、バッチのレシピに示されている操作におけるずれを想定してハザードを特定する。また、プラントのスタートアップ操作などに対する手順HAZOPにおいては、操作手順書(要領書)に示されている操作におけるずれを想定してハザードを特定する。連続系HAZOPのガイドワードに加えて、タイミングと時間に関するずれを想定するためにSooner than(早すぎ)、Longer than(長すぎ)といったガイドワードも使用する。
⑧ FMEA (Failure mode and effects analysis)		システムを構成する機器に着目し、その機器に考えられる故障モード(例えばバルブでは、故障全開、故障全閉、操作不能など)をとりあげ、故障がシステムに及ぼす影響と安全対策を解析する手法である。
⑧ FTA (Fault tree analysis)		対象とするシステムの危険事象を頂上事象として設定し、頂上事象の原因を機器、部品レベルまで次々に掘り下げ、原因と結果を論理記号(AND、ORなど)で結びつけツリー状に表現する。次に、頂上事象の原因となる機器、部品の組み合わせを解析した後、機器、部品の故障確率を与えることにより頂上事象の発生確率を解析する
What-if		「もし……であるならば」という質問を繰り返すことにより、設備面、運転面でのハザードを特定し、それに対する安全対策を検討することによりシステムの安全化を図る手法。

RA手法・ツールの比較

RA等実施の手順 (化学物質RA指針の ステップ)		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
		スクリーニング 支援ツール	CREATE - SIMPLE	労働省 方式	JISHA 方式	安衛研 手法	化学物質の 危険性初期 リスク評価 ツール	HAZOP	FME A	FTA
危険源(潜在危険性)の 事前確認		○	◎ 物質のみ	◎	○	◎	● 法規対応	—	○	—
ステップ1	危険源抽出		—	○ 第4段階で HAZOP等 を実施	◎ 物質のみ	◎	—	◎	◎	○
	シナリオ検討	●	—		◎	◎	—	◎	◎	◎
ステップ2	リスク見積り	●	○		◎	○	—	—	—	○
ステップ3	リスク低減 措置の検討	●	○		○	◎	●	○	○	○
ステップ4	リスク低減 措置の実施	—	—	●	○	○	—	—	—	—
ステップ5	労働者への 周知	—	—	—	○	◎	—	—	—	—

(◎:具体的に検討, ○:一部, 手続きには含まれる(具体的検討は無し), ●:実施状況確認のみ, —:検討無し)

RA手法・ツールの活用フロー



※ 詳細なリスクアセスメント手法

1. 労働安全衛生総合研究所技術資料、プロセスプラントのプロセス災害防止のためのリスクアセスメント等の進め方、JNIOOSH-TD-No.5(2015)
2. 化学プラントにかかるセーフティ・アセスメントに関する指針(平成12年3月2日付け基発第149号)
3. 中央労働災害防止協会、化学物質による爆発・火災を防ぐ、第2編 第4章、pp.108-152(2018)
4. 高圧ガス保安協会、リスクアセスメント・ガイドライン(Ver.2)(2016)

本日お話しした内容

- 導入 化学物質の危険性
～爆発・火災は身近で発生している～
- 法律 労働安全衛生法令で課された爆発・火災防止措置
労働安全衛生規則 第二節 危険物等の取扱い等
- 学問 爆発・火災はなぜ起きるのか
リスクアセスメントに必要な基礎を学ぼう
- 復習 危険性リスクの見積もり
リスクアセスメントの基本をおさらい
- 実践 化学物質の危険性に対するRA(安衛研方式)とは

今いちど覚えておいてください！

滋賀労働局は

 **キミたち**

理工系人材を切望しています

－ 技術と安全をつなぐ人材が必要だから －