

実験室における事故防止について

平成26年度 化学科長
大場 正昭

• 化学実験の事故・災害例

- 巨大大事故・災害と化学実験における事故・災害
- 授業中および実験中の事故件数
- 実際の事故例
- 化学薬品について
- 保護メガネの重要性
- 電気災害について
- 事故・災害から何を学ぶか
- いかにして事故をなくすか

講義の目的

これから化学実験室において事故・災害にあわないために、
また、万が一事故・災害に出会っても、最悪の事態を避ける
ためには、どうすればよいか？

これまでの事故・災害から学ぶ

巨大大事故・災害と化学実験における事故・災害

- 原発事故の放射能漏れ事故
- 航空機の衝突・墜落事故
- 鉄道の衝突・追突・脱線事故
- 医療現場における人的原因の医療ミス
- 化学実験における事故・災害

本質的に違いはない

根本的な共通点は……

人的要因—ミス、認識不足、油断、手抜きなど

ヒヤリハット

結果的に重大な災害や事故には至っていないが、重大事故の一手前(ニアミス)の事例。

1件の重大な事故が発生した際には、その前に300件のヒヤリハットが潜んでいると言われる。



重大事故を防ぐために

- ・ 些細な事故でも指導教員や関係者に報告して、対策を講じる。
- ・ 「これぐらいは良いだろう」ではなく、安全意識を高め、各自が責任を持つ。
- ・ 学生の事故は、教官、研究室そして大学の責任。事故を起こした場合は、研究室全体で反省するとともに、しっかりとした対策を講じて、2度と起こらないようにすることが大事。
- ・ データの蓄積、対策の周知が重大事故への連鎖を断ち切る。

・ 発火・火災・爆発

- アルカリ金属、有機金属反応剤等の後処理中発火し、周りの溶媒に引火し燃上
- 古い電源コードから発火
- 古いコンピュータから発火
- 洗浄用のアセトンを回収中に爆発
- エーテルやTHFを蒸留中に爆発
- 有機溶媒を蒸留する際に、蒸留装置が密閉系となり容器が破裂
- 過酸化物の溶液を濃縮中に爆発
- 有機化合物を蒸留中に突沸して容器が破裂

- ・ ガラスによる負傷
 - ガラス管にチューブを差し込もうとした際、ガラス管が折れて、手に突き刺さった
- ・ 有害薬品による中毒
 - 合成実験中に副生成物として有害薬品が生成してしまい、このガスを吸引して気分が悪くなった
- ・ 洗浄用の発煙硝酸が飛び散り負傷した
- ・ 夜間に還流中の水道ホースがはずれて実験室が水浸しになった

事 故

事故概要	被害	備考(原因・対策)
ドラフト内でアンモニア水を加えた時、吸引して、気分が悪くなった。(ドラフトの扉は開いたままであった)	病院 胸部レントゲン・血液検査:異常なし	ガスマスク着用 ドラフト扉閉める
ナトリウムの入ったビーカーを誤って流しに落とし、水に触れ発火。消火器で鎮火後、再度出火。2回火災報知器が作動	病院:軽度の火傷	再発防止のため指導
スプレー缶がガスファンヒーターで加熱され爆発・ソファ炎上	怪我なし・ソファ炎上ほか	構成員への注意(メール)と衛生管理者の巡視
オキシ塩化リンを用いた脱水反応の実験の際、メタノールでシリンジを洗浄中、その飛沫が視力矯正用メガネの上部より入り込み、左眼に付着	病院:軽度のただれ	実験の内容によっては視力矯正用メガネを着用の際も保護ゴーグルを着用するよう指導

ヒヤリハット

事故概要	被害	備考(原因・対策)
フラスコにガラス栓をし、40℃に加熱、高分子重合反応開始。5分後反応熱でフラスコ内の温度が急上昇。ガラス栓が吹き飛び、栓が天井に激突	怪我なし	モノマー量通常の3倍 濃度通常の2-5倍(50%) 40℃
素手で作業中、ナスフラスコの外壁に付着した反応溶液が手についた	やけど状態	ゴム手袋を着用
4ピニルピリジンをシリンジでフィルターに通そうとした時に、フィルターがつままったので交換しようとした時にシリンジを押しつままりに手にかかった	アレルギー性の火傷の様な症状	手袋をする

検証



ファンヒーターの前にエアダスターを置くと、破裂炎上する！！

被害	概要	備考(原因・対策等)
特になし	レーザー装置の光出力窓をシールしているOリングが破れ、ガス(フッ素 0.1%)の一部が漏れ室内に拡散した。 室内にいた実験者が、フッ素臭に気がつき、直ぐに排気した。	フッ素漏れ警報器は作動しなかったため低濃度と思われる。 Oリングの劣化が原因と考えられるため、今後は定期的に交換する。
エレベーター制御基盤の損傷	超純水製造装置と水道を繋いでいるホースがはずれ、床に漏水した。 エレベーターへの浸水により制御基盤にも浸水した。	実験終了後の確認を徹底する。 装置の移設時は、水道業者に固定配管を依頼し、休日水压が上がっても給水管がはずれないようにする。
切り傷(軽傷なし)	ろ過びんのノズル(ガラス製)に内厚のゴム管をねじ込もうとした時ノズルが折れ、折れたガラスが指に刺さり皮膚を切った。応急処置で対応。	ガラスに負荷がかかる作業には手袋の使用が望ましい。またゴム管を水で濡らすと接続しやすい。
なし	ガラス製シリンジに注射針をつけて操作中、シリンジから有機溶媒が顔面に向かって飛散したが、保護メガネで眼球は保護された。	事例を学生全体(学生実験)に周知し、保護メガネの着用を義務付けている。実験前の講義で、シリンジの使い方を解説する。
なし	オイルバスを加熱している時に、冷却水を流すチューブから漏れた水がオイルバスの中に入り、高温のオイルが突如吹き上がった。 周辺に学生がいたが幸いけがはなかった。	事例を実験前の講義で周知する。 オイルバスを配布する際に、水が入っていないか確認する。 チューブをしっかり固定する。

被害	概要	備考(原因・対策等)
銅線と被膜等の損傷	装置の移動に伴い、テーブルタップをブレーカー端子に接続した。 しばらく使用したところ、接続部が発熱し、銅線が断線し、被膜が炭化、ブレーカーのプラスチック部分が一部溶けた。	接触不良と、負荷容量が多かったことが原因と考えられる。 締め付けの徹底及び接続している装置の端子の総電流がブレーカーの限度を超えないようにする。
目に違和感	洗浄のため、シリンジを用いてテトロヒドロフラン(THF)をGPC装置の試料導入部へ数回注入していた。その際操作を誤りTHFが漏れ、飛沫となって目に入った。 目に激痛を感じたため、すぐにソフトコンタクトレンズを外し15分以上洗浄した。 痛みは消えたが、目に違和感が残ったため、医師の診断を受けた(異常なし)。	溶媒を使用する時は、保護メガネ等を着用する。(特にシリンジ操作時の、目への飛散例は多い) コンタクトレンズは、目に試薬が入った際に溶けて目から離れなくなる恐れがある。 実験室での使用はできる限り避ける。
ドラフトのプラスチック部分の変形(けが人なし、火災報知器が感知)	ドラフト内で持ち運び式ガスバーナーを用いてガラス細工しようとした。ドラフト内にあった蓋をしていないヘキサミンに引火し、瓶が割れてドラフト内にこぼれると同時に燃え広がった。 近くにいた学生が炭酸ガス消火器と粉末消火器を用いて鎮火させた。(けがなし)	引火性のある物質の近くで絶対に火は使用しない。 ガスバーナーの位置を有機溶媒等から遠く離れた場所に固定した。 有機溶媒は使用しないときは必ず蓋を閉めるようにする。
医療機関で診断を受けたが、特に問題なし	稼働中の装置に接続した冷却用液体窒素容器に左手が触れたまま、右手でドアノブを掴んだところ、左手から右手に通電(感電)し、痺んだ。自力脱出が不可能となり、近くの学生に引き離された。病院で診断を受けたが異常は無かった。	調査の結果、同装置に用いられていた真鍮製供給管付属の電磁バルブの凍結防止ファンが故障し漏電したことがわかった。 電磁バルブ、装置がアースされていれば感電は防げたと考えられる。

被害	概要	備考(原因・対策等)
床がこげた(物損)	液体試料を反応管に封入し、500℃に設定した流動砂浴に投入した。その後反応管内の温度が上昇し、想定以上に圧力が上昇した。 反応管が大きな音と共に破け、液体が漏れて蒸発し砂浴の砂が吹きこぼれた。 反応管の容量が小さく、砂浴は頑丈であり、周辺は耐熱性カーテンで覆われていたため、大事には至らなかった。(けが人なし)	反応管の使用限界圧力よりも低い圧力で作動する圧力逃し弁を使用する。 圧力計算を誤り、圧力能力の低い反応管を使用したのが原因である、小さい反応管で予備実験をおこない、その後十分な内厚の反応管を用いて実験する。
プラスチックが一部溶けた。 発煙し、部屋に煙が充満した	プラスチック容器にクエン酸溶液を入れ、加熱していた(設定温度60℃)。ヒーターの固定のため、容器内に木材を置き、蒸発を防ぐためにブルーシートを被せていた。 溶液を少し追加したが、その後溶液が全て蒸発し、ヒーターが木材とブルーシートを接触した。 発火には至らなかったが部屋に煙が充満した。	学生・教職員に本事例を周知する。 監視できない夜間は作業しない。 容器をステンレス製に変更する。 水位センサー、温度センサーを利用する。 方が一に備え、可燃物を周辺に置かない。
被害	概要	備考(原因・対策等)
火傷	ブチリチウムが残っていた容器と、廃液を入れていた容器を取り間違え、ブチリチウムが入った容器にアセチンを入れたため発火した。 瓶を持っていた左手に火傷を負った。桂病院で治療を受けた。	薬品を入れる容器にはラベルをつけ、内容を明示する。
特になし	実験準備のため、ガラス製のオイルバスにシリコンオイルを入れヒーターで加熱していた。 温度コントローラーのセンサーをオイルバス内に入れていなかったため、温度が上昇し続けオイルが白煙を上げた。近くの学生が気付き加熱を止めた。	温度コントローラーのセンサーをオイルバスに投入しなかったため、温度が上昇し続けオイルが白煙を上げた。近くの学生が気付き加熱を止めた。

被害	概要	備考(原因と工学研究科での対応等)
けが:下顎部の裂傷、骨折	作業機の付属部品を調整するために、グラインダーにてパイプを切断していた。切断中にグラインダーの刃が破損し、その破片が下顎部に当たり裂傷、骨折した。	規格外の研削といしの使用、最高使用速度を超える速度での使用が原因と考えられる。 工学研究科で安全教育を実施した。
けが:火傷	装置に酸素を供給するため、左手で酸素ボンベ(47L)を支え、右手でバルブを開いた。その時、圧力調整器が爆発し、調整器の2次側バルブ部分が破裂して、火災が噴き出した。	事故原因は調査中。 工学研究科では、高压ガスの取扱法をまとめたマニュアルを作成中(環境安全衛生センター)。

酸素圧力調整器の爆発



- **薬品が目に入ると非常に危険**
 - 薬品の入った瓶を不用意にあげない
 - **事故例: アンモニア水溶液の入った瓶を開けた際、瓶の中が加圧になっており、溶液がふきだした**
 - 薬品の入った器具や瓶などを開口部からのぞきこまない
 - 液滴を高い位置から滴下させない
 - コンタクトレンズをしていて目に薬品が入った場合にはすぐに眼科医へ(薬品がレンズと眼球の間に入ると危険!)
 - 実験中の他人の巻き添えに注意
 - **事故例: 実験台向かいの人がシリンジ操作の最中に不用意にまき散らした溶液が目に入った**
- **目は一度傷つくと再生しない**
- **洗眼用シャワーの位置を確認**

- 事故・災害の要因の分析
- 分析結果をもとに事故を防ぐ方法を考える
 - ハードウェア(装置や容器の問題)で解決
 - ソフトウェア(操作手順の間違い、操作ミス、手抜きをなくすこと)で解決

- **実験の前に、必ず使用薬品の性質を調べておく**
- 毒物・劇物 ー人体や動物の健康に害を及ぼすおそれのある化学物質
 - 致死量 (lethal dose: LD₅₀ mg/kg) で分類
 - 医薬用外毒物、医薬用外劇物と表示
- 危険物 ー爆発・発火の危険性のある化合物
 - 自然発火性、禁水性、爆発性、酸化性、可燃性、引火性
- 環境汚染物質
 - 発がん性、水質汚濁、悪臭、オゾン層破壊

- 火事
 - ＞定格電流容量を守る(通電による過熱を避ける)
 - ＞たこ足配線、ケーブルの束や折り曲げを避ける
 - ＞コンセントは奥まで差す、ほこりに注意
- 感電
 - ＞商用電源 (100 or 200 V) ~ 実験用電源 (数kV)
 - ＞接地(アース)を取って、機器との電位差をなくす
 - ＞接地にガス管は使わない

- 人体の電気伝導
 - ＞強い非線形性があり、数 V の印加電圧では数千Ωあるが、100 V ではその半分、より高電圧では数百Ωになる (100 V で 20 mA 以上の電流が流れる)
 - ＞皮膚の表面状態にも敏感
 - ＞交流は直流よりも数倍危険度が高い
 - ＞心臓への直撃はより危険: 左手→足<左手→右手

通電時間は 1 s	交流(15~100 Hz)	直流
最小感知電流	0.5 mA	2 mA
電極からの自力離脱不能	10 mA	-
苦痛を感じる	<15 mA	<35 mA
5 % の人が心停止などを起こす	>50 mA	>150 mA
50 % の人が心停止などを起こす	<50 mA	>190 mA

- CPU の温度(種類、周波数に依存)
 - ＞通常時 40~45°C
 - ＞作業時 50~60°C
 - ＞高負荷作業時 60~70°C
 - ＞冷却系が壊れたら・・・暴走、最悪の場合ボードが焦げる
 - ＞直射日光、ホットカーペットなどでも温度上昇
- ◆パソコンの内部のホコリに注意
 - ＞クーラーのファンの回転を妨げ、冷却効率を下げる
 - ＞ホコリ自体が発火の可能性も
 - ＞年に1, 2回はエアダスターで掃除、コンセントなども

- 低温測定・合成に必要な寒剤だが、危険
 - ＞ドライアイス-78°C、液体窒素-196°C、液体ヘリウム-268. 8°C
 - ＞凍傷
 - ＞液体窒素、液体ヘリウムは特別な移送装置を使用
 - ＞移送時には必ず換気を良くする(窒息の可能性)
 - ＞デュワータンクを倒すと爆発の危険性
- ◆真空ラインの液体窒素トラップ
 - ＞決して密閉系のまま温度を上げない
 - ＞急激に気化すると爆発
 - ＞トラップ内の液体空気も危険

- 放射性同位体使った実験
- 高電圧を使った実験
- 寒剤(液体窒素、ヘリウム)を使った実験
- 高圧ガス(可燃性ガスを含む)を使った実験
など

実験を行う前に、自分が納得いくまで
指導者や先輩に教えてもらう

- アルカリ金属、有機金属反応剤等の後処理中に発火し、周囲の溶媒に引火して燃え上がった
 - 対策: 不活性ガス下で処理する、周りに可燃性の溶媒を置かない
- 古い電源コードから発火した
 - 対策: 古いコードは使わない、配線器具の定格容量を守る
(通常のビニールコードは7アンペア、テーブルタップは15アンペアまで)
特に桂キャンパスでは主電源が切りにくいので、使用していない器具のコンセントは必ず抜く
- 夜間に還流中の水道ホースがはずれて、実験室が水浸しになった
 - 対策: 夜間の還流は水流ポンプを用いて行う
水圧のかかりすぎに注意し、ホースを止め具で固定する
- エーテルや THF が蒸留中に爆発した
 - 対策: 古いエーテル類は蒸留しない(とくに最後まで)
- 有機溶媒を蒸留する際に、系が密閉系となり容器が破裂した
 - 対策: トラップを常に確認しながら蒸留を行い、密閉系にならないようにする

- 過酸化物の溶液を濃縮中に爆発した
 - 対策: 過酸化物含む可能性のある溶液を最後まで濃縮しない、過酸化物は金属製のスパチュラで取り扱わない
- 有機化合物を蒸留中に突沸して容器が破裂した
 - 対策: 基本的に蒸留はすべてドラフトの中で行い、未知の化合物の場合には防御板を用いて危険を防止する
- ガラス管にチューブを差し込もうとした際、ガラス管が折れて手に突き刺さった
 - 対策: ガラス管の切り口は焼きなますか、ヤスリで角を丸めておく
ガラスの先端を水やアルコールでぬらし、先端近くを握りゆっくりと差し込む
亀裂や傷の入ったガラス器具は使用しない
- 合成実験中に有害物質が生成して、このガスを吸引して気分が悪くなった
 - 対策: 合成実験では未知の化合物が生成し、これが非常に高い生理活性をもつことがしばしばあるので、基本的に反応はドラフト内で行い、もし薬品が手や顔についた場合には、石鹼でよく洗浄する
実験室内では飲食はしない
- 測定装置が漏電しており、感電した
 - 対策: 必ずアースを取る、自作の電気系は特に注意する

事前の準備

- 消火器のある場所をあらかじめ知っておくこと
- 緊急用のシャワー(テクニカルユニット)の場所と使用方法を知っておく
- 避難経路を確認しておく

火災時の対処

- 大声で人を呼ぶこと
- **決して一人で処理しようとするな**
- 衣服に火がついたときにはあわてて走り回らず、床に転がり、周りの人がたき消す
- 這って逃げる(煙は上からたまってくるので、姿勢を低くしてタオルや衣服を口にあて、呼吸はなるべく浅くして、できるだけ煙を吸わない)

- 床にものを置かない
- 常に避難経路(十分な広さの通路)を確保
- 棚には落下防止対策をする
(特に薬品瓶が棚から落下しないように処置をする)
 - **事故例: 地震の際に薬品が入ったビンが棚から落下し、床の上で混合、発火して火災になった**
- 発火の危険性がある薬品はドラフトの中で保管する

- **実験室に入ったら一段階テンションをあげて危機管理意識をもつ**
- **操作や使用すべき器具がわからない場合には先輩や教員に聞くわからないまま実験を始めない**
(初心者が未熟であるのは当たり前であり、恥ずかしがらないこと)
- 実験に対して、しっかり予習と予測をする
(化学の常識を身に付ける)
- 周りとのコミュニケーションを大切にし、自分がどういう実験をしているのか、周りがどのような実験をしているのかを確認する
- 決して一人では実験しない
- 実験台の周り、足下を常に整理しておく

- **細心かつ不断の注意**
 - 常にベストコンディションでの実験を心がけること。寝不足や過労での実験は失敗のもと
- **事前の予習と危険の予測**
 - 安全を配慮した実験計画をたてる
 - 指導者との綿密な打ち合わせ
- **器具や装置等の使用法をあらかじめ習得しておく**
 - 実験には知識と技術が必要
- **万が一ミスをして事故・災害が起こった場合の備えを万全に**
 - 防護メガネ、防御板、防護面、防護手袋、防毒マスクなどを活用

- 実験を安全に行うために 化学同人
- 続実験を安全に行うために 化学同人
- 安全の手引き 京都大学工学部安全委員会
- 化学安全ガイド 日本化学会編 丸善
- 化学安全ノート 日本化学会編 丸善
- 学生のための化学実験安全ガイド 東京化学同人
- 実験室の笑える? 笑えない事故実例集 田中・松本著 講談社サイエンティフィック
- 取り扱い注意試薬ラボガイド 東京化成編 講談社サイエンティフィック
- 有機化学実験の事故・危険
 - 事例に学ぶ身の守り方 鈴木仁美著 丸善
- 基礎化学実験安全オリエンテーション 東京化学同人
- 京都大学環境安全衛生委員会での話