

第4章 材料理工学実験における安全

4.1 一般的事項

4.1.1 実験の心得

実験では、日常生活ではほとんど触れることのない実験器具や装置を取り扱ったり、劇物や毒物を用いたりすることになる。このため、ちょっとした不注意や予備知識の不足が、重大な事故を引き起こす可能性がある。諸注意を守ることによって事故を未然に防ぐことができ、そうした心構えや経験を通して積み重ねられる知識が将来にわたっての自らの安全を保障し、実りある成果をもたらす。

事故を未然に防ぐには、各実験のテキスト類及びこの「安全の手引き」をあらかじめ良く読むとともに、指導者の指示、助言に従うことが肝要である。同時に、整理・整頓に心がけ、危険の種をあらかじめ除いておくことに努め、実験にあたっては、心身ともに調子を整え、実験を安全かつ的確に進めるよう努力する。

4.1.2 一般的心得

(1) 事前の準備

1. 予習

当日までに次のテーマのテキストおよび安全の手引きの該当箇所を読んでおく。

2. 服装

物理系の実験の際には動作中の機械に引きずり込まれないように、ぴったり身についた服装をする、長髪は束ねること。化学薬品を用いる実験では白衣を着ることが望ましい。また、いずれの場合にもサンダルやスリッパは厳禁とし、すべりにくい底の靴をはく。

(2) 当日の心得

1. 遅刻厳禁

実験の都合上ならびに危険を考慮して、遅刻者には実験をさせないことがある。

2. 作業開始時の注意

実験装置を始動したり、電源を入れたり、物を移動したりする場合には、安全を確認してから行う。

3. 注意力の集中

実験中はその実験に集中することが必要である。実験中、雑談あるいは不用意に装置から離れたりすることは事故のもとになる。

4. うろつき歩き禁止

他の実験装置に触ったり、あらかじめ定められた物以外は手を触れてはいけない。他の実験スペースへ入らない。特に機器等の破損の際に破片が飛んで来るところ、たとえば回転体の半径方向などには極力立ち入らない。

5. 粉じん対策

実験中に粉じんおよび溶接ヒュームの飛散や切粉の飛込みによる災害を防止するため、必要な場合は防じんマスク、保護眼鏡を着用し、有機溶剤蒸気に曝れる時は活性炭入りマスクを着用する。高温になった器具、装置の取り扱いには用途に適合した素材の保護手袋を着用しなければならない。

6. 後始末

実験終了時には電源を切ったり、後始末を行い、担当教員の許可を得てから退出する。

(3) 事故が発生したときの措置

万一事故が起これば、先ず第一に人命の安全と人的被害を最小限にすることを心がけ、

第二に被害が広がるのを防止する措置を講ずる。以下においては、材料理工学コースでの実験において起こる可能性のある事故について、先に行うべき救急処置を記す。

1. 酸・アルカリなどの劇物や有毒物が皮膚についた場合

汚染した部分を大量の水で洗う。衣服が汚染した場合は速かに脱がせる。衣服を脱がせるとき劇薬を浴びてただれた皮膚をこする恐れのあるときは、手早くハサミで切り取る。

2. 眼に入った場合

まぶたを開き、水道水で10分ぐらい洗う。眼はアルカリに対して弱いので特に注意する。

3. 有毒・刺激性気体を吸い込んだ場合

速かに新鮮な空気の場所に移す。独力で歩けない場合は、無理のないように身体を支えて連れていか、担架などで運ぶ。有毒ガスの発生が続いている場合は、できるだけ速かに全員がその室から外へ避難する。

4. 劇物や有毒物を飲んだ場合

口の中だけで止まった場合は、うがいを繰り返す。飲み込んでしまった場合は、吐かせるのがよいが、無理をしない。卵白、牛乳を与えて粘膜を保護するのもよいが、できるだけ速かに医師の診断を受けるようにするのが第一である。

5. 外傷をした場合

ガラス器具の破損の際や工作中に外傷を負った場合は、まず傷口をよく水で洗って止血をし、できるだけ速かに医師の手当を受けることが大切である。事故が発生したら、先ず避難と救急処置をすべきであるが、同時に、できるだけ速かに教職員に連絡してその指示を受ける。

4.2 材料理工学コースにおける実験

材料理工学コースにおける学生実験としては、材料理工学実験Ⅰ(2年生後期)、材料理工学実験Ⅱ(3年生前期)、材料理工学実験Ⅲ(3年生前期)があるが、これらを行うに当たって必要な注意事項は各々の指導書に詳しく記載してある。さらに、4年の卒業に際して使用することの多い一般計測器および工作機器の取り扱い上の一般的注意を本文の最後に示してある。これらを熟読して実験を行う事は、良い実験結果を得るのに必要なばかりでなく、安全の面からも大事なことである。

4.2.1 材料理工学コースにおける学生実験

(1) 一般的注意事項

すでに述べた注意事項を守ると共に、次のような危険の種類と性質に注意を払って実験を行う。

1. 機械そのものの運動から来る危険

高速で直線又は回転運動する材料や工具に身体をぶつけることによって生じる機械的危険は、身体を確実に損傷する。しかし、近寄らなければ安全である。高速回転している物体、歯車、ベルトプーリーあるいはゆっくり運動する材料試験機やプレスに髪、袖、手袋などが引込まれても災害を生じる。

2. 物体の破壊、飛散から来る危険

砥石、工具、焼入れした鋼の試験片やセラミックスの試験片などはもろい材料なので、ゆっくり力を加えたときでも、破壊するときは、蓄えられた弾性エネルギーによって飛散し、恐ろしい機械的災害を生じる。破壊でなくても、高速回転物の通過空間にうっかり物を置忘れてスイッチを入れると、それがはね飛ばされて同じ危険が発生しうる。

3. 重量物の落下、転倒などから来る危険

大丈夫と思っていても地震が起こったり、誰か誤って重量物にぶつかったりすれば、それ

が落ちてきたり倒れたりする。

4. 感電による危険

材料加工実験用の機械は 220 ボルトの電源を用いるものが多い。感電すると非常に危険である。

5. 化学薬品による災害

酸、アルカリなどで材料を腐食して材料組織を観察することがある。これらは身体に触れると皮膚を傷めたり、目に入ると失明したりする。また、これらの薬品の蒸気を吸うことも身体に害である。

(2) 材料理工学実験 I

1) 材料物理学

1. 組織観察実験

試料表面を鏡面に仕上げるには研磨装置を用いるが、その際回転板に試料を強く押しつけ過ぎて試料がはじき飛ばされないようにする。腐食液に試料を漬けて組織を現出させる際は、液を衣服や肌に付着させないようにする。万一、液を付着させたときは直ちに流水で洗う。

2. 熱分析実験

電気炉に通電している間は、導線の端部に触れて感電しないようにする。炉の内部は高温になるので、炉内に置かれた試料および磁性管に対して不用意に触って火傷をしない。

2) 材料物理化学

1. 露点法による Cu-Zn 合金(黄銅)中の Zn の活量測定

2. Ni/NiO の平衡酸素分圧の測定

3. サーミスタの作製と抵抗測定

① 電気炉

すべての実験で用いる。実験に用いる電気炉は 600~1000°C の高温である。不用意に手などを触れない。

3) 材料電気化学

1. 電解採取・電解精製における電解条件と槽電圧の関係

2. 亜鉛電解採取の電解効率に及ぼす硫酸濃度の影響

3. 酸素・水素燃料電池の充放電特性

以下の2点について注意を喚起する。

① 硫酸酸性溶液の取り扱い: 電解液として硫酸酸性溶液を使用する。少量でも衣服に付着すると焼けこげたように破れるので、実験に際しては必ず作業着あるいは白衣を着用する。もし誤って皮膚に付着させた場合には、大量の水で洗う。目に入った場合は、まぶたをひろげ、水で 15 分程度洗浄する。

② 感電事故の防止: 直流電流による電解セルへの通電実験を行う。測定回路の組立は、必ず電源がオフであることを確認した上で実施する。この際、濡れた手で電気機器を取り扱ってはならない。また、異常を察知した場合には、直ちに電源を切断し、教員に連絡する。

(3) 材料理工学実験 II, III

1) 材料強度学

1. 軟鋼の引張試験(組織観察, 硬度測定, 破断解析)

引張試験機を使用するに当り、ギア、クロスヘッド等に手、指をはさまないように注意する。

2. 炭素鋼の熱処理(鋼の焼き入れ, 焼き戻し)

試料の加熱に電気炉を使用するので、感電、やけどに注意する(特にトランス、電気炉のターミナル部分には手を触れない)。

3. 軟鋼のシャルピー試験

シャルピー試験機は大型のハンマーを振り下ろすので、ハンマーの回転する半径方向には絶対に立ち入らない(破断した試料はハンマーが停止してから回収する)。

4. 脆性材料の強度試験

- ① 本実験に関係のない装置、薬品に手を触れない。
- ② 石膏により制作した「はり」の破壊荷重の測定には、バネばかりを使用する。破壊荷重測定前には、バネばかりに不都合がないかを確認し、測定中にバネばかりが破損することがないようにする。
- ③ 他のグループによる学生実験が行われている場合には、周囲の状況を確認した後に破壊荷重測定を行う。

2) 組織制御学

1. アルミニウム板の圧延と再結晶組織の観察

本実験を行うにあたっては次の事項に留意する。

- ① 2段ロール圧延機および高速砥石切断機を使用するので、実験のテキスト「各種機械類の使用上および作業上の注意事項」をよく読んでおく。
- ② バフ研磨においては高速回転研磨盤によって指を傷めないように、また、試験片をはじかれないようにする。担当者の指示には必ずしたがう。ベルトサンダーの使用においても同様である。
- ③ 電解研磨では電極への試験片の取り付け、取り外しの際は感電防止のため電源スイッチのオフを確認する。
- ④ その他、担当者の口頭による注意事項を守る。

2. 酸化物超伝導体の作製と超伝導特性の測定

- ① ボールミル使用直後は熱いので十分冷却時間をとってから、容器を取り出す。
- ② 乳鉢で原料粉末を混合するときは、吸い込まないようにマスクをつける。

3) 塑性加工学

1. アルミニウム板の引張り試験

2. ユニカルカップ試験

これらの実験は大きな動力源と結び付いた実験道具が並立する部屋で、かつ、学生全員が入るには狭いところで実験するので、ふざけたりすることは危険に結びつく。また、試験のための素材を引張り試験等と並行して圧延機で作製することもある。このようなときには、音を聞き分けることで自分達の安全を守り、機械の調子を探らなければならない。したがって、何時でもお互い今何をしているのかを心に留めて、実験にあたるようにすることが大切である。

特に、圧延機を使用する場合は、口頭で言う取り扱い注意に十分に留意して作業をするように心掛ける。

4) 凝固加工学

1. 鑄造材料の凝固条件と凝固組織

2. 金属の結晶粒微細化

- ① 700℃～1400℃の溶湯を取り扱うので、必ず白衣や作業服を着用する。サンダル履きは厳禁である。
- ② 実験室内の関係のない装置には手を触れない。
- ③ 溶解実験の際には、必ず保護眼鏡および手袋を着用する。
- ④ 頭髪や装飾品は実験に支障のないように処理する。

5) 表面科学・表面制御工学

1. 電池形成と金属腐食
2. ステンレス鋼の分極曲線の測定
3. 電極電位の測定
4. 熱重量測定と高温酸化
5. 金属表面皮膜の厚さ測定

試料表面を脱脂する際に使う有機溶媒(アセトン)を手に付けたり、蒸気を吸わないように注意する。試験液として使用する硫酸水溶液や水酸化ナトリウム水溶液を皮膚や目に付けないよう十分注意する。エッチング液は強酸で刺激臭があるので、直接吸わないようにする。塩橋に試験液を入れるときは口に試験液を入れないように注意する。高温の実験では、電気炉が高温になっているのでやけどに注意する。とくに試料を入れた坩堝や、電気炉の蓋として使用している耐火物が非常に高温になっているので、るつぼばさみで取り扱うこと。

4.2.2 一般計測機器， 工作機器の取り扱い

1) 旋盤

1. 各部分を点検，注油してから機械を回す。
2. 切粉の飛散する作業には，保護メガネ，しゃへい板を用いる。
3. 回し金(ケレー)は工作物に合ったものを用いる。
4. 心押台は，使わないときは端に寄せて軽く締付けておく。
5. 機械のベッドの案内面や，刃物台の上に工具を置かない。
6. 工具は工作物の手前に置くこと。向側に置かない。(工具を取るために手を伸ばすと作業衣が回転部分に巻き込まれる。)
7. 機械の上に工具，材料，製品等をのせてはならない。
8. 加工物の取付け，締付けは確実にする。刃物台を十分引いてからにする。(刃先でけがをする。)
9. 工作物の取付け調整が済んだら，チャックハンドル(チャックレンチ)を直ちにはずす。
10. 寸法測定，バイトの取替えは，機械を止めてからにする。工作物が惰力で回転しているときに，穴に栓ゲージを入れたり指を入れたりしてはならない。
11. 切込みのまま，また自動送りによる加工中は，機械を止めてはならない。
12. チャックや工作物等に手を添えて機械を止めてはならない。
13. チャックの真横に立たず，往復台の右よりに立って作業する。
14. 布切れ(ウエス)を回転部分に近づけない。

2) 形削盤

1. 機械(万力等)の上に工具，材料，製品等を置かない。
2. ラムの運転する範囲内に衝突する物がないことを確認する。
3. ストロークの長さ，バイトの調整は機械を止めて行う。
4. バイトはで出だけ短く取り付け，ラムの運転方向に立たない。(切粉が飛散する。)
5. 工作物を確実に取り付け，運転中，切削面に手を出さない。

3) フライス盤

1. 機械のテーブルの上に工具，材料，製品，布片等をのせない。
2. 切粉が飛散する材料の切削にはカッタ部分を囲うか，保護メガネをかける。
3. カッタに袖口を巻き込まれないようにする。カッタの注油は上から行う。切削中は切粉に手を触れないこと。回転中の刃物軸(アーバ)ごしに手をのばして工具を取らない。
4. 切粉は手にささり易いので注意する。けがき線を見ようとして切粉を指先で払ってはいけ

ない。ブラシを必ず使う。

5. 早送りは特に注意する。(早送りを止めても送りは動いている。)
6. 測定は必ず回転を止めてから行う。

4) グラインダー

1. 使用前に、研削砥石と受け台との隙間を常に3mm 以内に保つ。受台の調整は砥石の回転を止めてからする。
2. 防塵ガラス、防塵メガネを必ず使用する。
3. 平型砥石の側面は使用しない。(砥石は側面が弱い。)
4. 砥石の取り替えは、係員以外の者がしてはならない。(砥石は、ハンマーテスト、バランステスト、3分間の試運転をしてから使用する。)
5. スイッチを入れて、十分に回転が上がってから使用する。
6. 重い物は手持ちで作業せず、なるべくポータブルグラインダーを使用する。
7. 砥石の目直し、形直しを怠らない。
8. 小物、薄物を研削するときは十分注意する。(材料がはねられる恐れがある。)

5) ボール盤

1. 回転しているドリルには、手を触れたり、顔を近づけない。
2. 工作物は確実に取り付け、無理な取り付け方をしない。また取り付け取り外しに際しては、回転を必ず停止してから行う。穴あけの終わり近くや、穴あけのあとドリルを戻すとき工作物が振り回されやすいので気を付ける。
薄板、銅合金は振り回されやすいので注意する。(薄物の穴あけには木片をしき、これと共に穴をあける。)
3. ドリルの取り付け取り外しが終わったら、チャックハンドルを必ず抜き取っておく。
4. 切削中切粉は素手でつかんだりせず、ブラシ、払い棒を使用する。
5. ドリルが折損しないように、切削条件、ドリルの切れ刀の状態と切れ味、工作物の保持の仕方などに気を配って作業をすすめる。
6. ドリルの大きさに見合った回転速度で使用する。

6) 鋸盤

1. 始動後、しばらく空運転(材料を入れないで)してから使用する。
2. 工作物を締め付ける場合は確実にを行い、締めつけ具合を確認する。不明の時には担当職員の指示を受ける。
3. 始動のときは切削目盛りを零とし徐々に所定の速度まで上げて使用する。(材料の硬さに合った切削速度を選ぶこと。)
4. 下部の油だまりの油面に注意して、突起が油面より出ている場合は使用を中止する。

7) 高速切断機

1. 切断する材料は確実に万力に取り付け、締め付け具合を確認する。
2. スイッチを入れてから、完全に回転が上がった事を確認してから切断を開始する。
3. 砥石車が回転中に材料の取り外しをしない。
4. 切断中は、むやみに力をいれてハンドルを下へ押さない。
5. 切断された材料は摩擦熱で高温になっているから、取り扱いに十分注意する。
6. 切断するとき、火花に注意し砥石の前後に立たない(砥石の破片でけがをする。)
7. 薄く切り取るときは、砥石が曲がって割れやすいので注意する。

8) 溶接作業

1. 溶接作業中は換気を行い、消火器を手近に置き、使用方法を知っておく。
2. ガスボンベは倒れないよう、確実に固定する。
3. 近くに火のつき易いものがないことを確かめる(可燃性、引火性、発火性、爆発性の危険

物はその付近に置かない。)

4. 溶接中は強い紫外線が発生する。必ず溶接面（ハンドシールド、ヘルメット）、皮手袋等で保護する。
5. むやみに材料に触れたり、物を拾ったりしない(熱い物は多くの場合、熱いように見えない)。

9) 材料試験機

1. 材料試験機を使用する場合は必ず、管理者の許可を得る。又不明な点は相談する。
2. 引張試験
試料の破断によるショックのためチャックが飛び出すことがあるので、必ずチャック押さえを使用する。
3. 圧縮試験
直径に比べ高さが高く不安定なものや、もろく破壊する恐れのある材料は圧縮しない。

10) X線発生装置

1. 冷却水を流す。
2. 必ず電圧を先に調節し、次に電流を調節する。
3. 使用中は防護用扉を閉める。
4. 使用中はX線ビーム方向にいない。使用中しゃへい壁、しゃへい物を可能な限り利用し、X線を受けないようにする。
5. 使用後は20～30分間、X線管球を冷却する。

11) 圧延作業

圧延作業(2段、4段圧延機)は、非常に危険を伴うので指導教員の指示に従い、担当者と十分打合せを行い、指導教員、または代行者立会いの下で行う。

1. 作業は必ず3名以上で行い、その内の1名は教職員とする。
2. 操作盤の操作は教職員に限る。圧延機の調整は学生がしてはならない。
3. 作業前に、緊急停止装置の効き具合を確かめる。
4. 回転中のロール面には手を触れない。
5. 作業中に異常が発生したら、直ちに緊急停止スイッチを踏む(2段は入り口、出口側に各1箇所、4段は操作盤に停止ボタンがある。)
6. ロールの手入れ、掃除は後方よりロール停止状態で行う。
7. 試料を入れる時は、確実に相手に合図をしてから入れる。
8. 試料の受渡しは昇降ハンドル側より行い、ロール上部より行ってはいけない。
9. 作業には必要に応じ補助器具(金挟み、手袋、木片、試料受け皿等)を使う。

12) 溶解作業

1. 上衣、ズボン、靴、手袋はきちんとしたものを着用し作業する。サンダル履き等で作業してはならない。
2. 注湯、運搬作業時には、必要に応じて安全靴、ヘルメット、保護メガネ、保護手袋、足カバーを着用する。
3. 高温の溶解作業には、コバルトメガネ、防塵マスク等も用意する。
4. 作業は十分広い場所で行い、作業場、及び通路には、物を置かないように整理整頓に心掛ける。
5. 炉、るつぼに溶解原料を入れる場合は、予熱して、水分を十分に乾燥してから静かに入れる。
6. るつぼ、耐火物は一般に脆く、取り扱いに注意する。(高純度アルミなるつぼ、マグネシアるつぼは特に熱衝撃に弱いから、急熱・急冷に注意すること。)
7. つかみ箸は、使用前に完全なことを確かめる。

8. 炉の周囲は、床面に水分がない様に注意する。
 9. 何らかの原因で溶湯が周囲に流出した場合、あわてず、凝固してから処理する。(特に鉄、鋼の場合は、水をかけると危険である。)
 10. 引火性、爆発性の品物、及び油脂等の可燃物は炉に近づけない。
 11. 有毒ガスを発生する金属(鉛、カドミウムなど)、フラックス(6塩化エタンなど)を溶解又は添加するときは、換気扇を回して室内の換気に務め、有毒ガスを吸い込まないように注意する。
 12. 重金属、有害フラックスを大量に溶解又は使用するときは、ドラフト内で行なうことは勿論、責任者とよく相談し、ガス吸収設備等を設けた上で、近隣の人々にも害を与えないよう配慮する。
- 13) 高圧ガスボンベおよび圧力調整器の取り扱い
- 圧力が高く、漏洩、破損等により爆発、火災、中毒、怪我等重大災害につながる恐れがあるので次の事項を厳守する。
1. 容器・附属機器は、月1回の自主点検を行う。
 2. 風通しが良く直射日光が当たらない場所に立てて固定し保管する。
 3. 酸素と可燃性ガスを1箇所に保管しない。
 4. 初めて取り扱う場合は、教職員など経験者の十分な指導を受ける。
 5. 圧力調整器は、ガスの種類に合っているもの以外は使用しない。
 6. 運搬時には安全靴・手袋等を着用し、ボンベの横ころがし等で衝撃を与えない。
 7. 液化ガス・アセチレンは必ず立てたまま使う。
 8. ボンベの冷え過ぎ、加熱し過ぎは注意する。
 9. 酸素: 油脂分を絶対に用いない。鉄錆のない。
 10. 水素: 職員と相談する。
 11. 液化アンモニア: 銅または銅合金製の物は使用してはならない。
 12. 液化塩素: 湿気を避ける。
 13. アセチレンガス: 銅または銅合金製の物は使用しない。
 14. 危険性のあるガス: 使用後は、不活性ガス(窒素等)で導管内のガスを置換する。