

第1章 機械分野

第1節 機械工作

我が国の機械工業を見ると、切削理論の著しい発展と新しい工具の出現により、加工能率や加工精度の高い工作機械が作られ、設備化されつつあり、同時にNC化や自動化への傾向も強くなってきている。これらの新鋭工作機械と従来の工作機械とが一体となって、現在の我が国の工業を支えている。

1 工作機械のNC化・自動化と安全性

工作機械における自動化の歴史は、従来の自動化が単能的なものであったのに比べ、多品種少量生産のニーズを受け、ME (Mechanical Electronics) と機械技術とが融合することでNC (Numerical Control) 化や自動化を促進し、フレキシビリティをもった自動機械を生み出した。このことは、人と機械の接触の機会をなくすことから、災害防止の安全対策としても有効であり、技術の進展とともに汎用工作機械はNC化が進んでいる。

学校における工作機械のNC化・自動化は決して安全性が高いとはいえないため、教員が従来の工作機械に関する安全な取扱いに精通するとともに、NC化・自動化された機械の安全な取扱い方法にも習熟することが、これからの技術教育において最も重要な課題である。

2 機械工作実習を行うにあたって

(1) 安全作業マニュアルの作成

ハイテク化した工作機械を生徒が直接操作する場合には、慎重を期さなければならない。そのため、生徒が工作機械を安全に操作・作業できるよう安全作業マニュアルを作成して事故の防止に努める必要がある。また、始業時・終業時点検と担当教員間の連絡は、実験・実習における事故や災害の防止のための有効な手段である。工作機械が故障や不良状態になる前に定期的にメンテナンスを行うとともに、教員間の協力体制を整えることが必要である。

(2) 「知らない機械にはさわらない」

PC (Personal Computer) 制御の工作機械においては、直接の操作がキー操作による画面上の処理であるため、安易にキー操作をしないように注意する。キー操作一つで大きな工作機械が動くことを、特に注意しなければならない。

安全な操作方法を知らなかったことに起因する災害を防止するためにも、生徒に「知らない機械にはさわらない」ということを守らせる必要がある。

3 作業用工具の安全知識

工具は長期間使っているうちに、欠けたり、曲がったり、ひびが入ったりするものである。このような工具の使用がけがにつながりやすいので、工具を使う時は必ず点検し、悪いものは使わないようにする。

作業用工具についての一般的な注意点は、次のとおりである。

- ① 目的に適した工具を選択する。
- ② 工具を勝手に加工しない。
- ③ 工具についている油脂類は使用前にきれいに拭き取る。

- ④ 油脂のついた手で工具を扱わない。
 - ⑤ 安定した姿勢で使用する。
- また、主な工具の使用上の注意点は、次のとおりである。

(1) ドライバ

- ① ドライバは、曲がったものや先の丸くなったものは使わない。
- ② ドライバの先は、ねじの頭の溝に合ったものを選ぶ。
- ③ 手への突き刺しを防止するため、締め付けの対象物を手で持たない。

(2) スパナ類

- ① ボルト、ナットの大きさと口のサイズが一致したものを使用する。
- ② あごを内側にして使用する。
- ③ 原則として、手前に引くように使用する。

(3) ハンマ

- ① ハンマは頭が抜ける危険があるので、事前によく点検し、注意して使用する。
- ② サビ付いたものを打つ際は、保護眼鏡を必ずかける。
- ③ 振る前には、周囲を確認する。
- ④ 打ち下ろすときに、手が滑らないようにする。

(4) たがね

- ① 頭部がめくれたものは使用しない。
- ② 叩いた反動で飛ばないように、片手で軽く握る。
- ③ はつり作業をする時は、保護眼鏡を使う。

(5) やすり

- ① 柄付きやすりは、必ず完全な柄を付け、しっかり固定してから使用する。
- ② 摩耗したものは使用しない。
- ③ テコやハンマの代用にしない。
- ④ 切り屑を吹くと目に入ることがあるので、保護眼鏡を使う。

(6) 弓のこ

- ① 工作物を安定した状態で、しっかり固定して作業する。
- ② 作業前に刃・柄の固定状態を確認し、摩耗した刃は取り替える(2～3回軽く使用して緩みを点検する)。
- ③ 切断の終わり近くでは、力を抜いて軽く切る。

(7) ハンドドリル(携帯用の電気ドリル)

携帯用の電気ドリルは固定された大型重量物の穴あけに用いるもので、小片の穴あけには工作物の固定が容易なボール盤を使用する。

- ① 穴をあける位置にセンタポンチ穴を打ち、ドリル先端が滑らないようにする。
- ② 腕の力や身体の重みでドリルを押し付けるので、身体のバランスを失わないように常に注意する。
- ③ 工作物の表面に垂直にドリルを立てて穴あけをする。
- ④ ドリルが噛み込むと回転の反動が手にくるので、それに対して安全な姿勢をとる。
- ⑤ ドリルの先端が入ってから方向を変えない(折れて飛ぶ危険性がある)。
- ⑥ 加工終了近くの抜ける直前には送りを少なくし、しっかり握る。

(8) ハンドグラインダー(携帯用のディスクグラインダー)

- ① 回転砥石円板が割れて飛散することがあるので、保護眼鏡を必ずかけ、慎重に作業する。
- ② 切り粉が火花となって飛ぶので、研磨する方向を選ぶ。
- ③ 研磨の反動が手にくるので、それに対して安全な姿勢を取る。
- ④ 足で押さえたり、万力でくわえたりして使用しない。
- ⑤ 熱を伴う場合、やけどをしないよう注意し、可燃物の傍で作業しない。

(9) トースカン

使用后、針先を下にして柱に沿わせて、たたんで置く。

4 工作機械の安全知識

機械操作では動力伝導装置、作動部分に触れることによる災害の発生が多いことから、次のような注意点があげられる。

- ① 機械の運転中に、掃除・注油・修理をしたり、工作物の仕上げ面を指先で調べたりしない。
- ② 機械の運転中は、回転部分や摺動部分に手を触れない。
- ③ 機械が惰力で回転していても(どんなに低速でも)手や工具類で止めない。
- ④ 工作物の計測は、機械を完全に停止させ、駆動スイッチを切ってから行う。
- ⑤ 切削工具や工作物の取り付け、取り外しは機械を完全に停止させ、駆動スイッチを切ってから行う。
- ⑥ 機械の点検は、機械の駆動スイッチを切って行う。

その他、機械操作全般に共通する注意点としては、次のようなものがあげられる。

- ① 安全装置の機能を点検してから機械作業を行う。
- ② 切削屑の除去は、決められたブラシや手ほうきで行う。
- ③ 作業中に停電した場合には電源を切る。
- ④ 異常を発見した場合は、直ちに機械を停止し、原因を究明する。
- ⑤ 共同作業を行う場合には、機械の始動と停止の合図を確実に行うよう指導する。
- ⑥ 故障している機械には、必ず標示をする。
- ⑦ 切削屑が飛散する材料の加工に当たっては、カッター部分に覆いを付けるか、保護眼鏡を使用する。

(1) 汎用工作機械

工作機械のNC化や自動化が進んでいくとはいえ、学校では汎用工作機械も多く残っており、一方、それぞれの機械について精通した教員が、近い将来退職を迎える。そこで、各種の工作機械について、安全作業マニュアル及びその取扱い説明書を整理しておく必要がある。ただし、機械が古くて安全基準に合わず、災害防止対策が行えない機械には、実習で使用してはならない。

汎用の工作機械を使用する上で、共通の注意点は次のとおりである。

- ① 作業前と終了後の安全点検。
- ② 工作物の確実な取り付け。
- ③ 手袋の使用禁止。

- ④ 作業帽の着用。
- ⑤ 保護眼鏡の装着。
- ⑥ 整理・整頓・清掃・清潔。

これらを教員が自ら率先して実行する必要がある。また、機械の稼動中は機械から離れないように指導するとともに、安全面での監視を怠らないようにする。なお、一般的な工作機械について、特に留意すべき実習の安全要項は、次のとおりである。

ア 普通旋盤

旋盤は工作物を回転させ、それにバイト(刃)を当てることにより円筒状に切削する機械である。切削において適切な回転数を選び、バイトの送り速度はゆっくりした方が安全である。切削屑は鋭い切り口を持っており、切削直後は高温になっているので触れると、けがあるいはやけどをする。また、非常時には直ちに電源スイッチをOFFにしなければならないので電源スイッチの場所は常に頭においておく必要がある。

- ① チッピングを起こし、摩耗して切れ味の悪くなった切削工具は、直ちに替える。
- ② バイトを切り込ませ、送りをかけた状態では、機械を止めてはならない。
- ③ 工作物、バイト、心押し台を必要以上に出し過ぎない(30～50mmまで)。
- ④ 旋盤チャックを締めるハンドルが付いたまま旋盤を回すと非常に危険である。
- ⑤ チャックなどの回転円周上には立たない。
- ⑥ 回転中の工作物の穴に指を入れない。
- ⑦ 自動送りにした状態でも旋盤から離れない。

イ フライス盤

- ① 始業前点検は、手動ハンドルの操作、送りレバーの働きと停止位置、バックラッシュ除去装置の働き、ドローイングボルトの緩みなどを点検する。
- ② マシンバイスを用いない場合は工作時の振動が激しいので、工作物の取り付けを確実にするとともに締め勝ちを考慮する。
- ③ マシンバイスを使用する場合には、締め付け後ハンドルを外す。
- ④ 上下送り装置のスイッチは作業後、すぐに停止位置に戻す。
- ⑤ フライスカッタやエンドミルの取り付けで、刃部分に触れるときはけがに注意する。
- ⑥ カッタは大きくて重量がある物が多いため、取り外しの際には木片などを台にして受けて、けがをしないよう十分注意する。
- ⑦ 横型・万能型では、オーバーアームの突き出しに注意する。
- ⑧ 回転中は刃物・チャックはもちろんのこと、工作物にも絶対に手を触れてはいけない。
- ⑨ 早送りで軸移動をさせるときは、工具と取り付け具の干渉に注意する。

ウ 研削盤

研削盤は、周速度が毎分 2,000mにも達する高速度の砥石が回転しているので、砥石車の回転円周上には立たない。特に、起動時は危険であり、砥石車が割れるのは起動直後の1～2分間の間に多く発生している。

- ① 学校の実習で使用する研削盤には、平面研削盤・円筒研削盤・両頭研削盤などがあるが、どの研削盤も作業前には砥石車の外観検査、覆いなどの点検を行い、必ず試運

転(1分間以上)を実施する。

- ② 砥石のバランスを正しくとる。
- ③ 平面研削盤では工作物をマグネットチャック(電磁石)で固定するので、作業前にはマグネットチャックの機能を点検し、工作物の高さとの比が1:1以上の場合にはブロックなどで支えを付ける(工作物が動かないよう注意する)。
- ④ 円筒研削盤では、急速前進装置やテーブルの送り装置のストッパの取扱いを十分に指導しておく。
- ⑤ 終業時には、研削液を止めてから数分間空転させて、研削液を十分に取り除いておく。

エ ボール盤

小さい穴をあける場合、切削状態を確認せずに無理にドリルを押し下げると、ドリルが折れて飛散し、けがをすることがある。よって、穴の大きさ、長さを考慮してドリルの回転数及びその押し下げ力を決めて作業を行う。

- ① 工作物をバイスで固定し、回り止めをするなどの工夫をし、工作物を手で押さえたまま作業をしてはならない。特に、小さな工作物や多くの穴をあける作業では治具や取り付け具を用いて加工する。
- ② ドリルをしっかり締め付け、試し回転をして、ドリルが横ぶれしないことを確認する。
- ③ ドリルの取り付け、取り外し後はチャックハンドルを必ず取り外す。
- ④ 貫通穴をあける際は、木材などを下に敷き確実に固定する。
- ⑤ ベルトを掛け替えるときは電源を切り、指を挟まないよう注意して行う。

オ 形削り盤

- ① 加工物が飛び出さぬよう、刃物の切り込み方向に沿って全体をしっかり固定する。
- ② 刃物は、必要以上に長く出さない。
- ③ 切削中、刃物及び工作物には絶対に手を出してはならない。
- ④ ラムの運動する範囲内に衝突する物が無いことを確認する。
- ⑤ ラムの運動方向には立たない。

カ 歯切り盤

- ① 歯車の加工という単機能の工作機械で、比較的安全な工作機械である。しかし、動力の伝達部、割り出し機構部などには歯車が使用されているため、加工時には定められた覆いを付ける。
- ② ホブ盤でははずみ車に接触しないように注意するとともに、カバーを付ける。

キ 金属シャー(切断機)

鉄板、アルミ板等を切断する機械である。操作は半自動式であるが、強力な切断力をもっており指の切断事故にもつながるため、使用には細心の注意を要する。

- ① クラッチの動作やブレーキ、スイッチなどの機能を点検する。
- ② 切断部には適正な安全ガードを取り付け、刃の下には決して手を置いてはならない。
- ③ ペダルには安全装置を、ベルト、プーリーなどには安全カバーを取り付けると同時に、ベルトの損傷、張り具合を確かめる。
- ④ 取り付け後に電源を入れ、定常運転になったら切断する。

- ⑤ 切断する時は、必ず工作物押えより手前に手を引いてから切断する(防止枠の内側には手を差入れない)。

ク 高速回転砥石切断機(ホイールカッター)

- ① 多くの回転砥石はセラミック製であるので、僅かな反りによって破壊し、非常に危険である。回転時には、保護用カバー内に絶対に手を入れてはいけない。
- ② 回転する砥石を反らすような側面力が加わらないように、工作物はしっかりと固定する。
- ③ 使用の際には、必ず備え付けの防塵眼鏡をかけて作業する
- ④ 砥石に亀裂・割れがないことを確認し、使用前には必ず回転円周上から一時身体を避けて、1分以上の試運転を行い、異常のない事を確認する。
- ⑤ 平型砥石の側面は使用しない。
- ⑥ 切断された工作物は、摩擦熱で高温になっているのでやけどに注意する。

ケ 両頭研削盤

回転する二つの砥石の間に工作物を通し、両面を同時に研削することができる機械である。研削速度を上げているため強く砥石に工作物を押し当てると、砥石が割れる飛散事故や手が滑ったり、跳ねられて巻き込まれたりする事故が起こるので危険である。

- ① 防塵眼鏡などの保護具を使用し、原則、砥石車の回転円周上に立たないで作業をする。
- ② 「砥石が割れて飛んでくる」と想定して、安全策を取る。
- ③ 工作物が砥石に巻き込まれないように、また、工作物の一部が割れて巻き込まれないよう注意する。万一、巻き込まれたら砥石の回転面から遠ざかり、電源を切る。
- ④ ワークレストと砥石の間隙を、3mm以下に調整する。
- ⑤ 砥石車の交換は、安全面から生徒にはさせない。

コ プレス機・ロール圧延機

- ① 非常に危険を伴うので、教員立ち会いのもと2名以上で作業する。
- ② ベルト、フライホイールなどに安全カバーを取り付ける(ベルトの損傷などを点検する)。
- ③ 電源を入れる前に、安全装置がセットされているかを確認する。絶対に上下の型の間に手などを入れたり、回転中のロール面に触れたりしてはならない。
- ④ 迅速作業を要する熱間圧延などの場合でも、無理な工程を計画しない。
- ⑤ 作業においては、必要に応じて金挟み・手袋の補助用具を使用する。
- ⑥ クラッチの動作やスイッチの機能を確認し、十分な照度のもとで作業する。
- ⑦ 不良圧延により反りが生じた場合、その後の圧延には跳ね上がり等が起こり易いので注意する。

サ 木工機械

木材加工用機械による災害は、丸のこの刃やかんな刃に接触して切れたり、こすれたりするものがほとんどであるが、回転部分に巻き込まれたり、加工中の材料やその切れ端が反発したり、跳ね返って起こる事故もあり、死亡に至る災害も少なくない。

「第5章 デザイン・印刷・繊維機械分野」を参照のこと。

5 N C工作機械の安全知識

CNC旋盤・マシニングセンタは、汎用工作機械から発展したNC工作機械であるため、安全な作業に関する基本的な取扱いはそれぞれの工作機械と同じである。注意を要する点は、工具や工作物の取扱いである。調整時には機械が停止していても主電源は切れていないため、誤った操作やノイズによって工具交換装置や工作物の固定装置などが異常動作する可能性がある。

各機器の取扱い方法を十分に知ることはもちろん、点検、修理、調整、掃除、給油などの作業は、必ず起動スイッチを切って行う。また、この種の機械はすべての面をカバーや扉で覆うようになり、設置場所によっては安全な作業を行うための十分な照明が必要である。

NC工作機械は、汎用工作機械から発展したCNC旋盤、マシニングセンタなどと、数値制御技術と別の加工技術が融合されて実用化されたレーザ加工機、放電加工機などに大別される。

(1) CNC旋盤

基本的には旋盤と同じ加工を行い、注意事項についても旋盤に準じる。異なる点はコンピュータ制御によって切削を行うことであり、人間は切削データをプログラムにより作成する。自動で切削を行うため、プログラムミスは機器の損傷や事故につながる。したがって、実機での加工には十分なデバッグ作業が必要である。

- ① 手動での操作はしない。
- ② 入力ミスがないか、必ずプログラムチェックを行ってから加工する。
- ③ 画面上でシミュレーションを行って、動作確認した後に加工する。
- ④ 加工中は工作物や工具などに手を触れてはならない。
- ⑤ 加工は自動で行われるが、加工中は機械から離れてはならない。止むを得ず離れる場合は一時停止状態にする。
- ⑥ 運転中は切粉が飛散するので、必ず安全カバーをしておく。
- ⑦ 緊急停止ボタンの位置を確認しておく。

(2) マシニングセンタ

フライス盤(垂直方向加工)にコンピュータ制御装置を組み込んだ機器であり、切削工具をプログラムにより25本まで交換可能である。加工はボール盤と同様に垂直軸上で行うが、切削工具はドリルからエンドミル、フェースミルなど多種にわたっている。

- ① 基本的に縦軸のフライス盤に相当するので、フライス盤に準じた注意をする。
- ② 機械は大型であり、付属品等も大きいので、これらの交換の際は注意する。
- ③ 自動加工の際、次の加工のためにテーブルが高速で移動するので、移動領域には絶対に立ち入らない。
- ④ 工具のホルダを間違えると工具が落ちることもあるので、ATC(自動工具交換装置)への装着には注意する。
- ⑤ 工具交換時、アームが高速で動くので注意する。
- ⑥ 安全カバーの装着を忘れない。

(3) レーザ加工機

レーザ加工機には、高出力レーザによるやけど、レーザによる目の障害などの事故例がある。

レーザ加工機で使用するレーザ光線は、拡散反射によるものであっても、目に障害を与える可能性のある最も危険な等級クラス4である。

昭和61年1月27日付けの労働基準局長通達において障害を防止する対策が示されているが、作業に当たっての注意点は、次のとおりである。

- ① 燃えにくい素材の化学繊維の衣服(皮膚の露出度が少ない)を着用する。
- ② 保護眼鏡を着用し、操作はできるだけ離れた位置で行う。
- ③ レーザ加工機の工作物は、金属で板状のものが多いため作業用手袋を用いる。
- ④ レーザ管理区域を、囲い等により、他の区域と区画し、関係者以外の者の立ち入りを禁止する標識を明示する。
- ⑤ 実習時、周辺に人が居ないことを確認し、周囲に対しレーザ発振時の警告を行う(レーザ発射中であることを周辺の人に知らせる)。
- ⑥ 駆動用の高圧電源による感電にも注意する。

(4) 放電加工機

放電加工機は低電圧、大電流の「液中過渡アーク放電」を利用した工作機械であり、電極の形状から形彫り放電加工機とワイヤ放電加工機に大別される。

放電加工機では放電ギャップを適正に保つ制御装置が不可欠であることから、ワイヤ放電加工機は当初からNC装置を持っていたが、CAD/CAMにより複雑な加工を自動運転で行えるようになった。油性の加工液を多量に使用するため、火災の防止対策は安全上の最も重要な問題として取り上げられ、改善が加えられた。

ア 型彫り放電加工機

液面検出、液温検出、異常加工、自動消火などの装置・機構が装備されているが、使用に際しては始業点検で正常な作動の確認が必要である。火災は、加工液の蒸発した可燃性ガスにスパークなどが点火源となることが原因であることが多く、この防止対策は次のとおりである。

- ① 加工部に加工液を噴射しながら加工しない。
- ② 絶縁被覆が破損したリード線を使用しない。
- ③ シャンクと電極を確実に取り付ける。
- ④ 周辺で溶接機、グラインダなど火気発生源を使用しない。
- ⑤ 暖房器具の使用に注意し、換気を十分に行う。

一方、水を加工液として使用する放電加工機では火災の危険はないが、感電の危険があり、特に加工中には加工液に指を入れないようにする。

イ ワイヤ放電加工機

ワイヤ結線作業をするに当たって、ワイヤに指が挟まった事故例があり、張力がかかる瞬間にはたるみをつくらないように注意する。

- ① 電源のON、OFFは確実にを行う。
- ② 加工時は、電極用ワイヤに触れない。
- ③ 加工時は、必ずテーブルに防滴カバーを取り付ける。

また、放電加工機は放電現象に伴い、かなり広い周波数帯でのノイズを発生する。このノイズには、空間を伝搬する場合と配電線を伝わる場合があるが、防止策として、前者の場合にはシールドルームに放電加工機を入れ、後者の場合にはラインフィルタを設ける。

6 FA装置の安全知識

「無人運転」のための技術を学ばせることは加工技術、制御技術、情報技術の集大成として大いに意味のあることである。

FA装置は、NC工作機械やロボットなど複数のハイテク機器を組み合わせているために、いろいろなトラブルを発生するケースがあるが、基本的には個々の機械を安全に正しく使用し、個々の機械のトラブルを防止することである。

(1) 自動倉庫

搬送作業は、NC工作機械・産業用ロボット・無人搬送車・自動倉庫などの機器を、コンピュータによって有機的に結合した工場全体の搬送システムとして発展してきている。

自動倉庫を安全面から注意する点は、物の出し入れが伴い、この作業を担当する機械としてロボットあるいは自動機械を設備しているため、後述の産業用ロボットの安全対策と同様である(第5節 産業用ロボット参照)。

(2) 無人搬送車

無人搬送車は自由度が高く効率的である反面、作業者との共通作業面での混在状態で使用される場合が多いことから、次のような条件が必要である。

- ① 外形は突起物がなく、オーバーハングしない。
- ② 自動運転の表示灯・走行警音器・異常警音器を付ける。
- ③ 接触防止・衝突防止機能を停止させた状態で使用しない。
- ④ 走行速度の超過検出機能を有すること。
- ⑤ 暴走防止機能を有すること。
- ⑥ 検出装置の点検調整を定期的に行う。

(3) 産業用ロボット

産業用ロボットによる災害の典型的パターンは「不意作動によるロボット災害」といわれ、ロボットの停止中に、人がその可動範囲に入っていて、何らかの理由でアームが不意に起動し、避けきれずに災害に至っている。

「ロボットに背を向けるな」の安全標語が示すように、ロボットのアームが人間の死角から襲ってきた場合には、死亡災害に至るほど危険性が高い機械である。

- ① さく又は囲いを可動範囲の外側に設け、教示以外は可動範囲に入らない。
- ② 教示以外で可動範囲に入る場合、電源を切る。
- ③ 教示で可動範囲に入る時は、速度を最低にし、かつ、別の監視員を付け、何時でも緊急停止ボタンが押せる状態にして行う。詳しくは、「第5節 産業用ロボット」を参照。

7 材料試験機の安全知識

(1) 材料試験機

引張、圧縮試験のできるオートグラフと油圧駆動の疲労試験機がある。

これらの試験機を取り扱う際の注意点は、次のとおりである。

- ① 使用説明書を熟読し、機械の特性を十分理解した後、操作する。生徒が使用する際には、教員の立ち会いと事前の指示を受けた後、操作をさせる。
- ② 装置の非常停止スイッチの位置を確認する。

- ③ 試験片をセットし、大きな荷重を掛ける部分の周辺(危険領域)を確認し、試験中はこの領域には顔や手を入れない。
- ④ 試験片のチャックは重いので、交換の際は十分に注意する。
- ⑤ 試験片の取り付け、取り替えは機械が止まった状態で確実に行う。
- ⑥ クロスヘッドの昇降は、危険領域の安全を確認してから行い。荷重を掛けるときはクロスヘッドのクランプを確認する。
- ⑦ 試料の破断の際、ショックのためチャックが飛び出すことがあるので、必ずチャック押えを使用する(試験機に付属の固定用の板のジグ)。
- ⑧ 圧縮試験では形状不安定なものやもろく破壊する試料は使わない。圧縮試験においては破壊時に試験体が飛散することがあるので、囲いを設けるなどして試験体の周辺への飛散の防止に十分留意する。
- ⑨ 疲労試験の試験中は、制御系やセンサには触れてはならない。
- ⑩ 治具やチャックは重いものもあるので、運搬には十分注意する。

(2) 衝撃試験機

試料をセットするときは、身体がハンマの回転半径内に入り込むことがないようにセット用ゲージを用いること。共同作業のときには、必ず互いに合図をする。

試験前に、ハンマ停止用ベルト、ブレーキの効き具合を、ハンマを微動させてテストする。破断試料の飛散には、特に注意する。また、ハンマの固定治具にき裂等がないことを定期的に点検しておく。

- ① 危険度が高いので、慎重に実験を行う。
- ② 実験時は全員防護柵の外で、かつ、振り子の回転正面に立たない。
- ③ 試験片の取り付けと取り外しは、振り子を下げた静止した状態で行う。
- ④ 衝撃試験においては、ハンマの回転範囲には決して入らない。

(3) 金属組織観察機

金属組織の顕微鏡観察のために行う作業のうち、試料を薄片に切断する「ファインカット」、試料研磨の「バフ」、試料表面腐食の「腐食液」などに危険な要素が潜んでいる。

作業の際の注意点は、次のとおりである。

- ① ファインカットは1mm前後の薄い砥石が高速で回転するので、回転円周上には絶対立たない。
- ② 切り込み速度を過度に上げると砥石の破損につながるので、指示された切り込み速度を守る。
- ③ バフの回転速度は低いが、試料の保持が確実にないと試料が飛び出すので、しっかりと試料を保持する。
- ④ ドラフトチャンバで試料を腐食させる際、チャンバの換気はもちろん、室内の換気も行う。
- ⑤ 腐食液に強酸を使用しているので、皮膚につかないようにする。万一、皮膚についた場合は直ぐに大量の水で洗う。
- ⑥ 使用済みの腐食液は、指定の廃液容器に入れる。

8 機械工作に関する安全法規

工作機械に関する具体的な安全法規は「労働安全衛生規則」に述べられている。次にその項目を示すので、学校での安全な実習設備の保持の参考とすること。

労働安全衛生規則

第1編 通則

第3章 機械等並びに危険物及び有害物に関する規制(第25条から第29条の2まで)

第1節 機械等に関する規制

- ① 作動部分上の突起物等の防護措置
- ② 規格に適合した機械等の使用
- ③ 安全装置等の有効保持

第4章 安全衛生教育(第35条から第39条まで)

- ① 雇入れ時等の教育
- ② 特別教育を必要とする業務
- ③ 特別教育の細目

第2編 安全基準

第1章 機械による危険の防止(第101条から第137条まで)

第1節 一般基準

- ① 原動機、回転軸等による危険の防止
- ② 動力しゃ断装置
- ③ 切削屑の飛来等による危険の防止
- ④ そうじ等の場合の運転停止等
- ⑤ 作業帽等の着用
- ⑥ 手袋の使用禁止

第2節 工作機械

- ① 突出した加工物の覆い等
- ② 研削といしの覆い
- ③ 研削といしの試運転(開始前1分以上・取り替え後3分以上)
- ④ 研削といしの側面使用の禁止

第3節 木材加工用機械

- ① 丸のこ盤の歯の接触予防装置
- ② 帯のこ盤の歯及びのこ車の覆い等
- ③ 手押しかんな盤の刃の接触予防装置
- ④ 木材加工用機械作業主任者の選任

第4節 プレス機械及びシャー

- ① プレス等による危険の防止
- ② プレス機械作業主任者の選任
- ③ 作業開始前の点検

第10章 通路、足場等(第540条から549条まで)

第1節 通路等

- ① 通路

- ② 通路の照明
- ③ 機械間等の通路
- ④ 避難用の出入口等の表示等

その他の規定

- ① 安全衛生特別教育規程
- ② 厚生労働省告示
- ③ (各種の)構造規格
- ④ (各種の)技術上の指針公示
- ⑤ 労働基準局長通達

第2節 内燃機関と自動車

現代社会は、自動車との結び付きが強く、産業社会や人々の日常生活では自動車の恩恵を大きく受けている。高校生の自動車への関心は高く、テレビ、雑誌などの情報源から、自動車のエンジンや運転技術に関係する知識を多くもっている。

内燃機関の実習やエンジンの分解組立て実習、自動車整備に強い関心を示す生徒が多いことは喜ばしいことであるが、授業においては少しい知識や経験しかもっていない生徒もおり、実習作業を通して、確実な知識と技術を習得させるとともに、自動車とかかわりのある地球資源の問題や公害・環境についても大きな問題として考えさせるよう配慮する。

1 工具の取扱いと安全作業

(1) 工具の取扱い

作業に合った工具を正しい操作方法で使うことが、安全に作業をする上で大切である。

内燃機関の実習においては、スパナなどの作業工具のほかに、トルクレンチ、バルブリフタ、ギヤプーラなどの専用工具を使うことが多いが、第1節3を参考にし、各工具の用法と使用に当たっての注意事項をあらかじめまとめておき、作業ごとに確認させる。

(2) 安全作業

作業手順を立て、無理のないように進めていくことが安全作業の基本であるが、特に心がける事項として次のようなものがある。

ア ジャッキ

エンジン・車両などのジャッキ・アップに際しては、4輪をあげて車台に馬(リジット・ラック)をあてがってから作業することが望ましいが、上げない車輪がある場合には必ず輪止めを行う。リフトなどの使用に当たっては、作業者が互いに呼応しながら操作する。

イ 環境

排気ガスなどによる空気の汚れをなくすために、排気管延長設備や換気扇などを設置して実習室の換気に注意する。

ウ 火気

ガソリン、軽油、シンナー、塗料などの引火性の高いものを使うに当たっては、火気や熱に注意する。また、電気回りから火花を飛ばすことを避けるとともに、作業後の手洗いや部品の洗浄にガソリンを使用しないようにする。

エ 運転と点検

ガソリン機関やディーゼル機関の運転は、常に指導書や指導者の指示どおりにする。点検作業においては、種々の計器の取扱い方を理解させ、配線誤りなどのないようにさせる。プラグコードに十分注意し、濡れた手でさわったりしないようにする。また、ラジエータ、排気系統の熱、ファンの回転などにも注意をする。

2 自動車の運転実習

自動車を運転させるに当たっては、すでに学んできた内燃機関、自動車の構造や装置についての知識を十分に活用して、自動車の状態を知り、機能を正しく発揮させることが大切である。

校内の運転コースで運転実習をする時には、「道路交通法」などの規制を受けないが、各学校の状況に応じて標識を設け、独自の運転規定・点検基準を制定して、その規定にしたがって安

全運転を行うよう指導する。また、練習車には補助ブレーキなどを設け、運転に当たっては、必ず指導者が助手席に乗車するとともに、安全運転に努める。

3 自動車関係法規

自動車に関する法律には、自動車そのものに関するもの、自動車の運用に関するもの、道路に関するものがある。

(1) 道路運送車両法

道路運送車両法は、自動車の登録に関すること、道路運送車両の保安基準に関すること、道路運送車両の点検及び整備に関すること、道路運送車両の検査に関すること、軽自動車検査協会に関すること、自動車の整備事業に関することや自動車の種別がその内容となっている。

また、この法律の規定に基づいて

- ① 道路運送車両法施行規則(国土交通省令)
- ② 道路運送車両の保安基準(国土交通省令)
- ③ 自動車点検基準(国土交通省令)
- ④ 自動車整備士技能検定規則(国土交通省令)

が定められている。

(2) 道路交通法

道路交通法は、道路における危険を防止し、交通の安全と円滑を図ることを目的として定められている。道路交通法の関係規則としては、

- ① 道路交通法施行令(政令)
- ② 道路交通法施行規則(内閣府令)
- ③ 道路標識、区画線及び道路標示に関する命令(内閣府・国土交通省令)

がある。

(3) その他

- ① 道路運送法
- ② 自動車損害賠償保障法
- ③ 道路法
- ④ 自動車の保管場所の確保等に関する法律

第3節 溶接

1 溶接作業

(1) 電気溶接作業

ア 電気溶接作業の危険性

電気溶接作業で起こる災害は、不完全なホルダの使用や防具の不備による感電事故、不注意によるやけどや有害光線による電気性眼炎、設備の不備による中毒性ガス傷害などがあるが、その中でも特に感電と電気性眼炎が多い。

イ 電気溶接作業に関する法規

「労働安全衛生規則」第 331条によれば、「事業者は、アーク溶接等(自動溶接を除く。)の作業に使用する溶接棒等のホルダーについては、感電の危険を防止するため必要な絶縁効力及び耐熱性を有するものでなければ、使用してはならない」とされている。

また、溶接作業によって発生する有害光線のため電気性眼炎になることがあるので、作業時には目を保護するために遮光眼鏡を使用しなければならない。なお、遮光眼鏡の使用については、JIS T 8141 にその規定がある。

ウ 電気溶接作業の安全対策

(ア) アーク溶接作業

- ① 動きやすく、火花に強く、油汚れのない作業服を着用させる。手袋、前掛け、手甲、足カバーなど保護具を着用させる。
- ② 適正な遮光度の保護面を使用させ、有毒ガス、粉じんを吸い込むおそれのある作業では保護マスクを着用させる。
- ③ 有害な溶接煙やガスを吸わないよう、十分に換気する。

溶接機については

- ① 一次側電線やアースを正しく確実に取り付け、電撃防止装置の作動状態を点検する。
- ② コードは、電流容量に適合したものを用い、溶接機との接続や絶縁は確実に行う。
- ③ 通路を横切る電線には、保護覆いをつける。
- ④ 溶接物のアースは、適正な所に確実に取り付ける。

(イ) スポット溶接作業

服装は、充電部に触れて感電するおそれのない適切なものを着用させ、保護具も定められたものを正しく着用させる。

溶接機については

- ① スパッタ発生が多い場合は、飛散防止板を備え、ペダルには保護カバーを取り付ける。
- ② チップは、傷や変形がないか、はめ合いにさびやゆるみがないか、ストロークの調整などを確認する。

(2) ガス溶接作業

ア ガス溶接作業の危険性

可燃性ガスと酸素によって行う金属の溶接・溶断・加熱の作業は、すでに90余年も前から行われている。厚生労働省は、この作業による災害を防止するため、昭和47年10月1日

から「ガス溶接等の作業に従事しようとする者は、酸素及び可燃性ガス並びに作業に付随する設備器具等の取扱い上の安全講習を受け、関連法規に関する知識を得た者でなければならない。」と定めている。

学校における実習でも、生徒に可燃性ガスと酸素の性質をよく理解させ、不注意や無知からくる爆発事故や火災を起こさせないように十分に指導する必要がある。酸素及び可燃性ガスの危険性については、ガス溶接に必要な事項のみにとどめる。

酸素は可燃物の燃焼を助ける支燃性ガスである。例えば、アセチレンガスの空気中での燃焼速度は約 1 m/s であるが、酸素濃度が 70% ぐらいになると、約 7.5 m/s に達する。また、空気中でのアセチレンガスの炎は約 2,300℃ であるが、酸素中では約 3,100℃ に上昇する。このように酸素は、可燃物の燃焼速度と炎の温度を著しく上昇させるため、不必要に漏らしてはならない。

ガス溶接に用いられる可燃性ガスには、アセチレンガス、液化石油ガス(プロパン、プロピレン、ブタン)がある。

アセチレンガスと空気が混合して、アセチレンの容量濃度が 2.5~100% の範囲になると爆発性混合ガスとなる。また、同様に酸素と混合した場合は、2.3~100% の範囲で爆発性混合ガスとなる。このように、アセチレンガスの爆発範囲が広いため、アセチレンガスに酸素や空気が少し混合し、また、逆に酸素や空気のアセチレンガスが少量混合しても爆発性混合ガスとなる。

アセチレンガスは空気より軽いため、漏れた時は上昇する。したがって、上方での換気に配慮しなければならない。また、湿りガスとなった場合、銅または銅合金と長時間接していると発火温度の低いアセチレン銅を生成するため、アセチレンを使用する場所では、銅もしくは銅合金を使ってはならない。アセチレンガスは 2 気圧以上になると火花、加熱、衝撃などの誘因によって爆発し、炭素と水素に分解する。しかし、溶解アセチレンは、アセチレンを多孔質物質に浸潤させたアセトンに溶解させているため、この危険性はない。

液化石油ガスのうちで最もよく使われているプロパンガスの体積は、気化状態では 250 倍になる。このガスの爆発範囲は 2.2~9.5% で、わずかに漏れた場合でも爆発性混合ガスとなる。また、プロパンは空気よりも重く、漏れたときは低い方へ流れるので、実習室の下部の換気に気をつけなければならない。

イ ガス溶接作業に関する法規

ガス溶接作業に関しては、労働安全衛生規則第 16 条で「作業主任者の選任」、第 41 条で「就業制限についての資格」が示されている。その他、関連する条文について以下に示す。(第 261 条)

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。

(第 301 条)

事業者は、アセチレン溶接装置(令第 1 条第 1 号に掲げるアセチレン溶接装置をいう。以下同じ。)を用いて金属の溶接、溶断又は加熱の作業を行うときは、ゲージ圧力 130 キロパスカルを超える圧力を有するアセチレンを発生させ、又はこれを使用してはならない。

(第 306条)

事業者は、アセチレン溶接装置については、その吹管ごとに安全器を備えなければならない。ただし、主管に安全器を備え、かつ、吹管に最も近接した分岐管ごとに安全器を備えたときは、この限りでない。

2 事業者は、ガスだめが発生器と分離しているアセチレン溶接装置については、発生器とガスだめの間に安全器を設けなければならない。

(第 308条)

事業者は、令第1条第2号のガス集合装置(以下「ガス集合装置」という。)については、火気を使用する設備から5メートル以上離れた場所に設けなければならない。

(第 311条)

事業者は、溶解アセチレンのガス集合溶接装置の配管及び附属器具には、銅又は銅を70パーセント以上含有する合金を使用してはならない。

(第 312条)

3 発生器から5メートル以内又は発生器室から3メートル以内の場所では、喫煙、火気の使用又は火花を発するおそれのある行為を禁止し、かつ、その旨を適当に表示すること。

4 導管には、酸素用とアセチレン用との混同を防ぐための措置を講ずること。

7 当該作業を行なう者に保護眼鏡及び保護手袋を着用させること。

(第 313条)

4 ガス集合装置から5メートル以内の場所では、喫煙、火気の使用又は火花を発するおそれのある行為を禁止し、かつ、その旨を見やすい箇所に掲示すること。

(第 317条)

事業者は、アセチレン溶接装置又はガス集合溶接装置(これらの配管のうち、地下に埋設された部分を除く。以下この条において同じ。)については、1年以内ごとに1回、定期に、当該装置の損傷、変形、腐食等の有無及びその機能について自主検査を行わなければならない。ただし、1年をこえる期間使用しないアセチレン溶接装置又はガス集合溶接装置の当該使用しない期間においては、この限りでない。

ウ ガス溶接作業の安全対策

ガス溶接作業では、ガス容器、圧力調整器、導管及び吹管の安全な取扱いについて配慮をしなければならない。

特に、吹管の取扱いについては、次のことに留意する。

- ① 作業に適した火口を選び、その火口に適するように酸素及び可燃性ガスの圧力を調整する。この場合、中型用吹管を用いてもアセチレンの圧力は130キロパスカル以上にしない。
- ② 容器と作業場所との距離を十分にとり、可燃物を放置しないようにする。
- ③ 保護眼鏡をかけて作業を行う。
- ④ 吹管への点火は点火具を使用し、マッチは用いない。
- ⑤ 火炎が吹管内部に逆火した時は、直ちに酸素の弁を閉じ、続いて可燃性ガスの弁を閉じる。
- ⑥ 作業が終わった時は、弁、コックを完全に閉じる。

第4節 鑄造

1 炉の危険性

炉には、製鉄用の溶鉱炉から実験室用の小形の電気炉に至るまで、大きさや用途の異なる各種のものがある。これらの炉の使用中は、いずれも高熱を取り扱っているため、やけどや火災の危険が常にある。特に、熔融高熱物に水が浸入した場合には、水蒸気爆発を起こして周囲に人的・物的に大きな災害をもたらすことが多い。

学校で行う実習は、生産が主目的ではなく実験が目的であるから、使用する炉は、小形であり、加熱し溶解させる材料の量も少ないが、加熱や溶解に必要な温度にまで上昇させて使用するため、安全に実習を行うためには一層の配慮が必要である。

2 炉の安全に関する法的規制

炉の安全に関しては、労働基準法に基づく「労働安全衛生規則」、第2編、第4章(爆発、火災等の防止)の中に各種の規制がある。

その要点は、火炉、その他多量の高熱物を取り扱う設備について、火災を防ぐ措置をとることである。また、熔融高熱物が水蒸気爆発を起こさないための措置として、金属の溶解炉に金属くずを入れる作業では、水蒸気爆発やその他の爆発を防止するために、金属くずに水・火薬類・危険物・密閉された容器などが入っていないことを確認した上で作業を行うように指示している。

次に、普通の電気炉や高周波電気炉のように、熱源として電力を使用する炉については、上記のほかに、電気設備としての安全のための規制を受ける。電気設備を安全に取り扱うための規制は、「労働安全衛生規則」の第2編、第5章に詳しく示されている。この規制は、主として感電、漏電、電気火花による感電ショック、火災、爆発などを防止するためのものである。

「労働安全衛生規則」は、労働者の労働安全を目的として定められたものである。生徒が学校で行う実習は、学習活動であって労働ではないから、生徒の実習にこの規則がそのまま適用されることはない。しかし、安全に実習を行うためにも非常に有効な規則であるから、炉を使用する教員は、これらの規制を熟知して、誤りのないように努めなければならない。

3 炉の安全な取扱い方

炉は、加熱用と溶解用に大別される。学校の実習では、次のようなものがよく用いられる。

- ① 加熱炉：電気マッフル炉
- ② 溶解炉：電気溶解炉、るつぼ炉

(1) 加熱炉

加熱炉は、比較的低い温度から高温まで広い範囲で使用されるが、低温でのやけどが多い。これは、火色が見えないのが原因であり、作業前に温度と火色との関係をよく指導し、作業中は必ず手袋を着用させる。なお、使用後の手袋が火災の原因となることがあるので、使用后、収納の前に火気の有無を確かめる。

加熱の際、炉内雰囲気を制御する場合は、爆発の危険のない窒素ガスやアルゴンガスを使用し、やむを得ず他のガスを使う場合は、所定の使用温度を厳守する。

なお、炉を使用するに当たっては、次の事項に注意する。

- ① 電気炉に加熱材料を出し入れする際は、発熱体に触れないようにする。

- ② その他、電氣的なことについては、第2章電気を参照する。

(2) 溶解炉

溶解炉は、溶融高熱物を取り扱うため、水蒸気爆発に対する配慮が必要である。

- ① 炉の設置場所や建築物の構造が水蒸気爆発防止のための法的規制を正しく守っていても、使用に当たっては、水が滞留していないかを事前点検した後でなければ作業を始めてはならない。
- ② 実習場内の換気を十分にすること。
- ③ 地金割り作業は、破片が飛散するため、周囲に十分注意する。
- ④ 装入する原料に、水、危険物、密閉された缶などが混入していないかを確認する。
- ⑤ 取鍋(とりべ)や湯しゃくはよく乾燥したものを用い、湯の量は八分目程度とする。
- ⑥ 溶湯の運搬は慎重に行い、運搬通路はあらかじめよく整理整頓しておく。
- ⑦ 遮光面付保護帽、防護マスク、長そで上衣、皮の手袋、長ズボン、足カバーを着用する。

4 鑄込み作業の注意事項

(1) 鑄込み準備作業

- ① 作業服の袖ボタン、靴の紐、手袋の着用などを確認させる。
- ② 鑄込みをする場所の足下、周囲の安全を確認させる。
- ③ 本番鑄込みの前に練習をさせる。
- ④ 鑄型に溶湯を注ごうとする人の妨げをしないよう指導する。

(2) 鑄込み作業

- ① 生徒の気持ちを集中させる。
- ② 溶解中の炉のふたを開ける時、熱気があがるので覗き込まないよう指導する。
- ③ 湯を入れる際、型まで運搬する際、湯を落とすと湯はねのおそれがあるので、湯を落とさないよう指導する。
- ④ 湯しゃくをしっかりと持ち、湯口に狙いを定めて、途中で止めないように、かつ溢れさせないように溶湯を注ぐよう指導する。
- ⑤ 上がり一杯に湯がまわったら注ぐのをやめるよう指導する。
- ⑥ 鑄込み作業では指示があるまで、手袋を外さないよう指導する。

第5節 産業用ロボット

1 産業用ロボット

一般的にロボットとは、人の代わりになんらかの作業を行う機械である。近年は、二足歩行可能な人型ロボットやレスキューロボット等、様々な働きをするロボットが出現しているが、産業用ロボットとは設計思想が異なるので、分けて考えることとする。

産業用ロボットについては、JIS B 0134 によれば、「自動制御によるマニピュレーション機能又は移動機能をもち、各種の作業をプログラムにより実行できる、産業に使用される機械」と定義してある。

このような産業用ロボットは、製品のモデルチェンジに際して改造することなく時間的にも空間的にも柔軟に対応できる高い動作機能を備えているため、多くのロボットが生産現場で使われている。そのため、産業用ロボットに関する技術教育の必要性はますます高まっている。また、労働安全衛生規則36条第31号に規定されている機器を操作するには、労働省告示第49号での安全衛生特別教育規程に沿った特別教育が必要であるなど、実習を安全に行う上で教員に求められることが多い分野である。

2 安全対策の基本

出力の大きさや動作機構(産業用ロボットは JIS B 0134 : 1998 に分類されている)に違いがあっても、ロボットを扱う上で注意しなければならないことは共通している。

産業用ロボットは空間的自由度が大きいいため接触による事故が最も多く、事故防止には、動作中のロボットの可動範囲内に入らないことが基本である。しかし、教示作業や検査、修理の場合には通電しているロボットの可動範囲に入らなければならないため、常に事故発生のおそれがある。

ロボットはシステムの一部として複数の機器と同時に運転する機会が多いので、ロボットの取扱いは単体での操作の場合とシステムとして運転する場合の双方について安全対策を図る必要がある。

(1) 単体操作時の安全確保

通電中のロボットの可動範囲に入らなければならないことは、主に次の三つの場合であり、これらについては労働安全衛生規則の中でも明記されている。

- ① 検査等(第 150条の 5)、点検(第 151条)
- ② 教示等(第 150条の 3)
- ③ 修理、調整

ロボットを単体で操作する場合、事故が最も多い危険な作業は教示作業であり、実習では特に教示作業での安全対策が重要である。

労働安全衛生規則 150条の 3 (抜粋)を下記に示す。

1 次の事項について規程を定め、これにより作業を行わせること。

- イ 産業用ロボットの操作の方法及び手順
- ロ 作業中のマニプレータの速度
- ハ 複数の労働者に作業を行わせる場合における合図の方法
- ニ 異常時における措置
- ホ 異常時に産業用ロボットの運転を停止した後、これを再起動させるときの措置

- へ その他産業用ロボットの不意の作動による危険又は産業用ロボットの誤操作による危険を防止するために必要な措置
- 2 作業に従事している労働者又は当該労働者を監視する者が異常時に直ちに産業用ロボットの運転を停止することができるようにするための措置を講ずること。
 - 3 作業を行っている間産業用ロボットの起動スイッチ等に作業中である旨を表示する等作業に従事している労働者以外の者が当該起動スイッチ等を操作することを防止するための措置を講ずること。

安全の確保には、ロボットの可動範囲と人の作業位置との区分を明確にすることが必要である。そのためには、自動運転中のロボットには近づくことができないよう、さく又は囲いを設ける等、当該危険を防止するために必要な措置を講じなければならない。(第 150条の 4)

実習においては、取り扱うロボットや状況に合わせて必要な項目を加えた規定を定めなければならない。特に、機器の取扱いに未熟な生徒が作業する実習では、規定を遵守するだけでなく、常に教員の指導のもとに行われなければならない。また、誤動作、暴走、操作ミスによって生じる不測の事態に対処できるように、作業は必ず複数人数で行うことを原則とし、異常発生時には直ちに停止させることができる態勢をとらなければならない。

(2) 自動運転時の安全確保

他の自動化機器や工作機等と併用されているシステムでは、他の機器と複合した事故の発生に注意しなければならない。システムが複雑になるほど、ノイズや制御回路の故障による暴走、ロボット特有の周辺機器との干渉などのトラブルが発生する確率が高くなるため、単体での運転時以上に安全確保を図り、事故防止についての対策が必要である。

3 安全対策の実施例

(1) 方式

機器に対する安全対策の基本は、インターロックとフェールセーフである。

インターロックは、動作可能とするための条件を複数設定し、すべての条件が同時に満たされなければ運転できないようにすることであり、フェールセーフは、誤動作の可能性が生じたときは、動作を停止するように設定することである。生徒の実習で、起動ボタンを二つ設定し、一方を教員が常に操作することにしておくことなどもこの考え方の一つである。このような機構は、事故発生を回避するために設けられた措置である。

(2) センサの設置

接触を防ぐために、動作中のロボットの可動領域と作業者の作業領域とは分けなければならない。

ロボットの可動領域への人の立ち入りは禁止し、もし禁止された領域にどちらかが侵入した場合には、動作を即時停止するよう設定しなければならない。

この領域を区分するために、侵入を検知するセンサや安全のための装置を用途に応じて適切に設置する。

以下はその代表的な例である。

- ① 安全柵を設ける。
- ② 安全プラグを設け、動作領域の境界であることを意識させる。

- ③ 安全マット等を使い、動作時に人のいる場所を制限する。
- ④ 光線式安全装置などで、動作領域の境界が安全であることを常に確認する。

実習では生徒が不用意、または、注視のため近づくことも考えられるので、始業点検ではセンサの動作を必ず確認する必要がある。図1-1は、ロボットの設置状態を示した一例である。

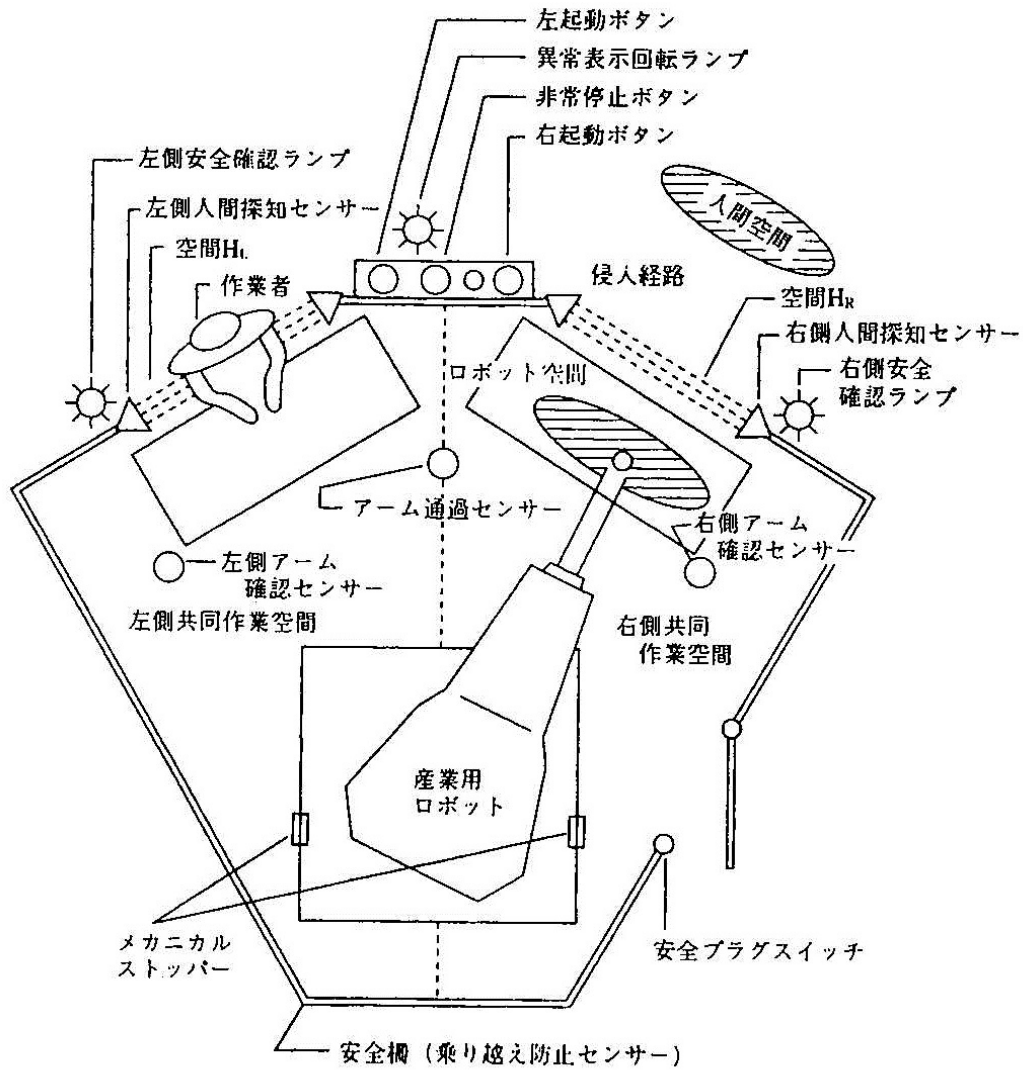


図1-1 設置状態の例

((社) 日本ロボット工業会編：ロボットハンドブックより)

4 関連法規

(1) 産業用ロボット関係の告示等

労働安全衛生規則(抄)

(昭和47年 労働省令第32号)

(改正平成24年 厚生労働省令第9号)

第1編 通則

第4章 安全衛生教育

(特別教育を必要とする業務)

第36条 省令で定める危険な業務

31 教示作業

32 検査、修理、調整

第2編 安全基準

第1章 機械による危険の防止

第9節 産業用ロボット

第150条の3 教示等

第150条の4 運転中の危険の防止

第150条の5 検査等

第150条 点検

(2) 産業用ロボット関係の告示等

① 安全衛生特別教育規程

(昭和47年 労働省告示第92号)

(改正平成13年 厚生労働省告示第188号)

② 労働安全衛生規則第36条31号の規定に基づき厚生労働大臣が定める機械を定める告示

(産業用ロボットの範囲)

(昭和58年 労働省告示第51号)

(改正平成12年 労働省告示第120号)

③ 産業用ロボットの使用等の安全基準に関する技術上の指針

(昭和58年 技術上の指針公示第13号)

第6節 ボイラー

1 圧力容器について

圧力容器に関するものとして、代表的なものにボイラー等の圧力容器と高圧ガス容器(ガスボンベ等)が挙げられる。ここでは、この二つのことについて取り上げる。

(1) ボイラー等の圧力容器

ア 圧力容器に関する危険性

ボイラーに関連する災害の主なものには、材料・構造上の欠陥や安全装置などの機能不良によるボイラー本体の破裂、燃焼装置や制御装置の保守点検を怠り、操作の誤りなどによる燃焼室や煙道における燃料のガス爆発などがある。

圧力容器に関連する災害の主なものには、安全装置などの機能不良による本体の破裂、ふた板・継手部の締め付け不良により引火性の危険物の漏えいによる引火爆発などがある。

学校の実習で使用するボイラーや圧力容器は、小容量のものが多く、所要の蒸気又は温水をつくったり、受け入れたりする装置であり、危険性は避けられない。ボイラーや圧力容器の事故は、大きな災害につながるため、教員は本体を安全なものにするとともに、ボイラーに対する十分な知識を持ち、安全に実習できるようにしなければならない。

イ ボイラー及び圧力容器に関する法規

ボイラー及び圧力容器は、構造及び性能により労働安全衛生法に基づき、表1-1～3のように区分される。

設置・管理及び取扱いについて、ボイラー及び圧力容器安全規則に各種の規制がある。

学校の実習に用いられるボイラーや圧力容器は、労働安全衛生法施行令やボイラー及び圧力容器安全規則の適用を受けないものもあるが、適用を受けないものであっても、この規制によって運転することが実習を安全に行う上で必要である。

表1-1 ボイラーや圧力容器の構造等について
労働安全衛生法に基づく構造規格

種 類	構造規格
ボ イ ラ ー	ボイラー構造規格
第1種圧力容器	第1種圧力容器
第2種圧力容器	第2種圧力容器
小型ボイラー	小型ボイラー及び小型圧力容器構造規格
小型圧力容器	
簡易ボイラー	簡易ボイラー等構造規格
簡 易 容 器	

表 1-2 法規によるボイラーの分類

性能区分 種類	特定機械である ボイラー	小型ボイラー	法適用外ボイラー
蒸気ボイラー	胴内径 750mm 以下で、かつ、その長さが 1300mm 以下	ゲージ圧力 0.1MPa 以下で伝熱面積 1 m ² 以下のもの 胴内径 300mm 以下かつ胴長さ 600mm 以下のもの(適用除外を除く)	ゲージ圧力 0.1MPa 以下で伝熱面積 0.5m ² 以下のもの胴内径 200mm 以下かつ胴長さ 400mm 以下のもの
			ゲージ圧力 0.3MPa 以下で内容積 0.0003m ³ 以下のもの
	伝熱面積が 3 m ² 以下	伝熱面積 3.5m ² 以下で胴内径 25mm 以上の大気開放蒸気管を取り付けたもの ゲージ圧力 0.05MPa 以下かつ内径 25mm 以上の U 形立管を蒸気部に取り付けたもの	伝熱面積 2 m ² 以下で胴内径 25mm 以上の大気開放蒸気管を取り付けたもの ゲージ圧力 0.05MPa 以下かつ胴内径 25mm 以上の U 形立管を蒸気部に取り付けたもの
温水ボイラー	伝熱面積が 14m ² 以下	ゲージ圧力 0.1MPa 以下で、伝熱面積 8 m ² 以下のもの ゲージ圧力 0.2MPa 以下で伝熱面積 2 m ² 以下のもの	ゲージ圧力 0.1MPa 以下で伝熱面積 4 m ² 以下のもの
貫流ボイラー	伝熱面積 30 m ² 以下 (気水分離器を有するものは、当該気水分離器の胴内径 400mm 以下でかつ内容積 0.4m ³ 以下のものに限る)	ゲージ圧力 1 MPa 以下で伝熱面積 10m ² 以下のもの(気水分離器を有するものは、当該気水分離器の胴内径 300mm 以下でかつ内容積 0.07m ³ 以下のものに限る)	ゲージ圧力 1 MPa 以下で伝熱面積 5 m ² 以下のもの(気水分離器を有するものは、当該気水分離器の内径 200mm 以下でかつ内容積 0.02m ³ 以下のものに限る)
			内容積 0.004m ³ 以下 (管寄せ及び気水分離器のいずれをも有しないものに限る)でゲージ圧力 (MPa) × 内容積 (m ³) ≤ 0.02

表 1-3 法規による第 1 種圧力容器の分類

圧力容器	特定機械である第 1 種圧力容器	小型(第 1 種)圧力容器		法規適用外の第 1 種圧力容器	
	性能による区分	ゲージ圧力 0.1MPa を超えるもの	ゲージ圧力が 0.1MPa 以下	内容積 0.04m ³ を超え 0.2 m ³ 以下のもの	ゲージ圧力が 0.1 MPa 以下
内容積 0.2m ³ を超えるもの		胴内径 200mm を超え 500 mm 以下		胴内径 200mm 以下	
胴内径 500mm を超えるもの		かつ		かつ	
胴長さ 1000mm を超えるもの		胴長さ 1000 mm 以下のもの		胴長さ 1000mm 以下のもの	
A > 0.02		0.004 < A ≤ 0.02		A ≤ 0.004	

※ A = ゲージ圧力 (MPa) × 内容積 (m³)

(2) ボイラー及び圧力容器の安全な取扱い方

ア 設置の手続き

- ① 特定機械であるボイラー及び第 1 種圧力容器を設置する場合は、大阪府人事委員会委員に設置届を提出する。
- ② 設置工事が完了すれば落成検査を受ける。その後、取扱作業主任者を選任し、大阪府人事委員会委員から使用有効期間を定めた検査証の交付を受ける。
- ③ 検査証の有効期間は 1 年であり、検査証のない時や検査証の有効期間を超えている時は、ボイラー及び第 1 種圧力容器を使用しないようにする。
- ④ 検査証の有効期間を更新する時は、有効期間内に検査代行機関(ボイラ協会)が行う性能検査を受けなければならない。
- ⑤ 小型ボイラーまたは第 2 種圧力容器(移動式のものを除く)を設置する場合は、遅滞なく大阪府人事委員会委員に設置報告書を提出する。

イ ボイラーの管理

ボイラーは、ボイラー及び圧力容器安全規則に定められた設置場所、ボイラー室の出入口、ボイラーの据え付け位置、ボイラーの外側から壁や構造物までの距離、ボイラーと可燃物との距離などを遵守して設置する。

また、ボイラー室に燃料を貯蔵する場合は、ボイラーの外側から 2m(固体燃料は 1.2m)以上離して置くようにする。

特定機械であるボイラーは、職業訓練の場合を除き、ボイラー技士の免許を有する者でなければ取り扱うことができない。しかし、表 1-4 に示すような小規模ボイラーについては、ボイラー取扱技能講習を修了した者でも取り扱うことができる。

表 1 - 4 小規模ボイラー

性能 種類	伝熱面積・大きさ
蒸気ボイラー	3 m ² 以下 胴内径 750mm 以下かつ胴長さ 1,300mm以下
温水ボイラー	14m ² 以下
貫流ボイラー	30m ² 以下

小型ボイラーや小型圧力容器、第2種圧力容器の取扱いについては、特別の資格を必要としないため、取扱作業主任者を選任しなくてもよいが、特定機械であるボイラー及び第1種圧力容器に準じた管理をした方がよい。なお、作業主任者の選任については、労働安全衛生規則第16条に示されているとおりである。

ウ ボイラー室の管理

ボイラー室の管理は、ボイラー取扱作業主任者を中心にして、担当教員で管理を行うようにする。

ボイラー室の管理の主な内容は、

- ① ボイラー室その他のボイラー設置場所には、関係者以外の者が立ち入ることを禁止し、その旨を見やすい箇所に掲示する。
- ② ボイラー室には、必要がある場合以外は、引火しやすいものを持ち込まない。
- ③ ボイラー室には、水面計のガラス管、ガスカートその他の必要な予備品及び修繕用工具類を備えておく。
- ④ ボイラー検査証並びにボイラー取扱作業主任者の資格及び氏名をボイラー室やその他のボイラー設置場所の見やすい箇所に掲示する。

エ ボイラーの安全な運転

特定機械であるボイラーについては使用開始後1か月以内ごとに1回、小型ボイラーについては1年以内ごとに1回、ボイラー本体、燃焼装置、自動制御装置、附属装置及び附属品などの定期自主検査を行い、その結果を記録し、3年間保存する。

運転に当たっては、

- ① 水面計で常に水位を確認する。
- ② 圧力計や温度水高計で常時、正確に圧力を測定する。
- ③ 火炎検出器で不着火や失火を防ぎ、燃焼状態について監視する。
- ④ 安全弁または逃がし弁の作動圧力を調整する。

オ 圧力容器の安全保持

特定機械である第1種圧力容器については使用開始後1か月以内ごとに1回、小型圧力容器及び第2種圧力容器については1年以内ごとに1回、圧力容器本体、ふたの締付けボルト、管及び弁の定期自主検査を行い、その結果を記録し、3年間保存する。

使用に当たっては、

- ① 安全弁の作動圧力を確認する。
- ② 圧力計又は温度水高計で使用圧力を確認する。
- ③ 圧力容器内に停滞するドレン、油分などを排出する。

2 高圧ガス容器と高圧ガスを使用する設備

(1) 高圧ガスに関する危険性

高圧ガスの危険性として、圧力容器や配管などの破裂、ガスの漏えいやそれに伴う火災・爆発などがあげられる。

このため、高圧ガスの扱い方や緊急時の対応を理解し、事故につながらないよう安全に配慮しなければならない。

(2) 高圧ガス容器

ア 高圧ガス容器に関する法規

実習で取り扱う高圧ガスは、通称“ボンベ”と呼ばれる鋼製または他の金属製の高圧ガス容器に充てんされているが、高圧ガス容器は、「高圧ガス取締法」に基づいて高圧ガスの種類に関係なく容器保安規則で規定されている。高圧ガス容器は充てんされるガスの種類によって、酸素ガス容器、アセチレンガス容器、LPガス容器、フロンガス容器などと呼び分けられている。(図1-2)



図1-2 主な高圧ガス容器

(画像提供 高圧昭和ボンベ株式会社)

表1-5 高圧ガス容器の塗色区分

高圧ガスの種類	塗色の区分
酸素ガス	黒色
水素ガス	赤色
液化炭酸ガス	緑色
液化アンモニア	白色
液化塩素	黄色
アセチレンガス	かっ色
その他の種類の高圧ガス	ねずみ色

表1-6 容器再検査の期間

容 器 の 種 類	製造後の経過年数	期 間
溶接容器等	20年未満	5年
	20年以上	2年
耐圧試験圧力3.0MPa以下 かつ内容積250以下	20年未満	6年
	20年以上	2年
一般継目なし容器	—	5年

これらの容器は、充てんガスの種類が容易に識別できるように、容器保安規則第10条により表1-5に示すような彩色と、充てんガスの名称及びガス(可燃性ガス及び毒性ガスに限る)の性質を示す「燃」または「毒」の文字の表示が規定されている。

高圧ガス容器には、容器証明書がついており、容器とともに保管しなければならない。ガスの充てんの際には、容器再検査の成績を記入するようになっている。

容器の再検査期間は、容器保安規則第 24 条により表 1 - 6 のように定まっている。

イ 高圧ガス容器の安全な取扱い方

(ア) 貯蔵及び運搬中の留意事項

- ① 可燃性ガス容器は、通風がよく火気のないところに置く。
- ② 容器内のガス圧は温度上昇によって増加するので、直射日光を受けないようにする。
- ③ 地下室や湿気の多い場所、腐食性物質の近くに貯蔵しない。
- ④ 油・ガソリン・油ボロなど発火しやすいものを近くに置かない。
- ⑤ 電線・アース線の近くに置かない。
- ⑥ 可燃性ガス容器は立てて貯蔵し、酸素や塩素の容器と同一場所に置かない。
- ⑦ 充てん容器と空容器との区別を明確にする。
- ⑧ 重量物や落下物の当たらない場所に置き、歯止めなど転倒しないよう措置をする。
- ⑨ 移動・運搬時には弁を確実に閉め、キャップをかぶせる。車で運搬する場合はあて物を使用し、手で移動する場合は容器を少し傾けて底の縁で転がして静かに運ぶ。
- ⑩ 吊り上げて移動する場合は、容器を安全に保持できるかごなどに入れて運ぶ。

(イ) 使用中の留意事項

- ① 通風のよい場所で使用し、打撃・衝撃を与えないようにする。また、転倒しないように鎖を用いて壁などに固定する。
- ② 弁の開閉は専用のハンドル・スパナで行い、使用中は弁に取り付けたままにする。また、急に弁を開くと膨張断熱のために冷却し、水蒸気が氷結し、流出が悪くなることもあるので注意する。
- ③ 溶解アセチレン容器の弁は全開しないようにする。
- ④ ガスの放出を早めるために容器を加熱する必要が生じた時でも、直火や蒸気は使用しない。必ず40℃以下の温度に保ち、温水中に容器の表面積の20%以下を浸すようにして加熱する。
- ⑤ 使用を一時中止する場合は、容器の弁を必ず閉める。
- ⑥ 使用済みの容器は、わずかのガスを残し、弁を閉じて、ガス漏れのないことを確認してキャップをねじこむ。
- ⑦ 空容器であっても、容器本来の目的以外の台・コロなどに使用しない。

(3) 異常時の処置

- ① ガス漏れの検出・確認は、石けん水またはガス検知器を使用し、ローソクなどの火気を用いない。
- ② 弁を締めてもガス漏れが止まらない場合には、容器を安全な場所に移動し、弁不良の標示をし、責任者や購入先に連絡して処理を依頼する。
- ③ 容器や弁から可燃性または毒性ガスが漏れた場合は、弁を閉じ、作業を中止して付近の人にも知らせ避難し、購入先に連絡して指示を受ける。火災や爆発などの危険が生じた場合は、直ちに消防署に連絡をとる。

参考図書等

- 1 中央労働災害防止協会編「安全衛生法令要覧」
「安全の指標」
「ガス溶接・溶断作業の安全」
「産業用ロボットの安全必携」第2版（平成23年 7月）
- 2 日本熱処理技術協会編「熱処理コンサイス」
- 3 JISハンドブック「熱処理」
- 4 労働省安全衛生部安全課編「改訂 産業安全の手引」中央労働災害防止協会
- 5 土井正志智 他著「機械実習 安全のこころえ」市ヶ谷出版社
- 6 大阪府人事委員会編「職員の勤務条件と職場の安全衛生(労働基準関係事務の手引)」
- 7 島谷明男 著「小形ボイラ取扱読本」オーム社
- 8 高圧ガス保安協会「高圧ガス販売講習テキスト」
- 9 (社)日本ロボット工業会編「ロボットハンドブック」
(社)日本ロボット工業会（平成13年3月）