

『量子物質工学実験A』

- 内容
- 1) ガイダンス
 - 2) テキスト配布
 - 3) 安全教育
 - 4) 演習

最終更新日時	公開状況
2008/03/05 18:15:48	公開中
公開E-Mail	授業関連Webページ
toyoda@pc.uec.ac.jp	
【主題および達成目標】	
[主題]量子・物質工学に関する基礎として、実験技術の習得と実験によって見られる現象の理解を目標とし、合わせて実験報告のまとめ方を学ぶ。	
[達成目標]物理実験として、1)電気・光学的物性測定、2)酸化物質超伝導物質の合成、3)基礎物理定数の測定、4)半導体のホール効果の測定を行い、物理現象の理解を深める。	
化学・生物学実験として、1)安全に対する考え方と試薬・器具の取り扱い方、2)化学的手法による物質合成、3)物質の同定、4)DNAの取り扱いの基本操作を実践し、化学・生物学現象の理解を深める。	
【前もって履修しておくべき科目】	
基礎科学実験A、基礎科学実験B	

【授業内容とその進め方】

物理実験3課題、化学・生物学実験3課題の、合わせて6課題が与えられる。物理実験では1つの課題を2週間、化学・生物学実験では1つの課題を1-2週間に渡って行う。そのため、テキストの十分な予習が必須となる。実験の間に教員が見回り技術指導を行うと共に、実験ノートの書き方等をチェックする。

(中略)

○化学・生物学実験

- (1)化学実験と安全に関する講習会、モル計算等の実験の基礎となる演習を行う。
- (2)細菌染色体DNAの調整：分子生物学実験の基礎について学ぶ。
- (3)導電性ポリマーの合成：材料の合成とその性質の評価について学ぶ。
- (4)アゾ染料の合成と評価：試薬の取り扱いと物質の合成・分離精製・機器分析の実際を学ぶ。

【成績評価方法及び評価基準(最低達成基準を含む)】

[成績評価方法]

実験が終了したら、実験ノートに検印を受ける。レポート提出が求められている課題については、提出し評価を受ける。

(中略)

化学・生物学実験では、すべての実験に出席し、レポート提出しなければ合格とはならない。その上で、(1)演習10点、(2)DNA実験と(3)導電性ポリマーのレポート(提出+内容)に対して各々10点、(4)アゾ染料の実験ノート内容20点の、合計50点での評価を行う。

物理実験、化学・生物学実験のいずれかが不可の場合には、全体の成績が不可となる。

[評価基準]

- ・実験課題の原理と目的が理解されていること。
- ・測定装置の原理と操作方法が理解されていること。
- ・実験結果を目的に沿って整理し、簡潔にまとめて結論を導き出すことが出来ること。

授業

- 安全教育、ビデオ
- レポートの書き方

実験での事故防止のために

- ・ 事故、安全に対する考え方
- ・ ハインリヒの法則
- ・ 実験は事故が多い
- ・ どんな事故が多いか
- ・ 具体的な事故の例

事故、安全に対する考え方

ヒューマンエラー的発想

- 「事故はある確率で必ず発生する」
- 「人間、まして訓練を受ける学生は高い確率でミスを犯す可能性がある」

ハインリヒの法則

軽微な事故でも将来大事故に

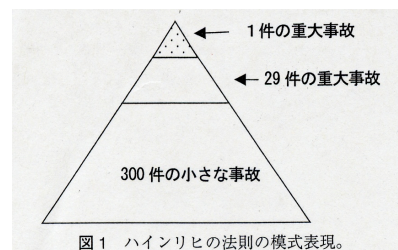


図1 ハインリヒの法則の模式表現。

- ・ 災害を防げば傷害はなくせる。
- ・ 不安全行動と不安全状態をなくせば、災害も傷害もなくせる。

化学実験は事故が多い

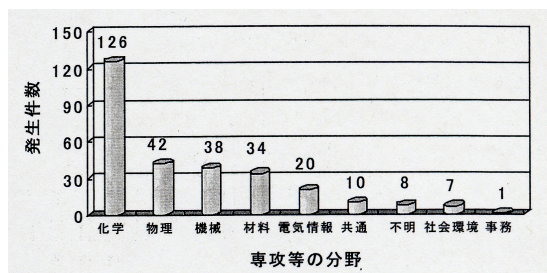


図2 名古屋大学工学研究科での分野別事故発生数。

化学系学生数は約19%なのに事故件数は44%以上

どんな事故が多いか

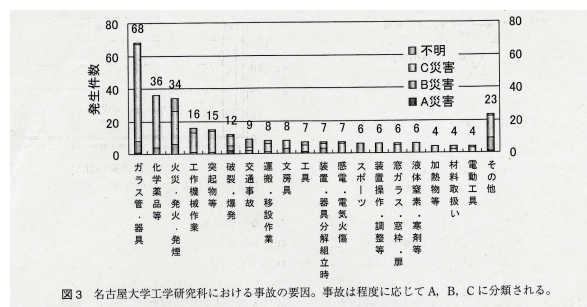
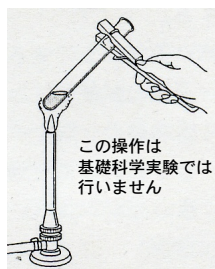


図3 名古屋大学工学研究科における事故の要因。事故は程度に応じてA, B, Cに分類される。

「ガラス器具、試薬類の正しい取り扱い」が求められる

具体的な事故例：突沸および引火



【液体の加熱】

1. 試験管での加熱は、容積の $\frac{1}{5}$ 以下の液量で行う。試験管の底より少し上を中心にして、軽く振りながら均一に加熱する。突沸に注意し、管口を人に向けないようにする。
2. ビーカーでの加熱は、外側に付着する水をぬぐい、金網上で行う。
3. 引火性物質は、湯浴を用いて加熱する。

具体的な事故例：水酸化ナトリウムと硫酸に関して

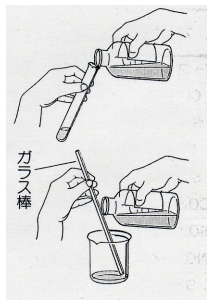
- 水酸化ナトリウムが実験台の上に2、3粒落ちた
- 素手で拾ってよいのか？
 - 濡れぞうきんで拭いてよいのか？

- 濃硫酸を実験台の上にこぼした
- ぞうきんで拭くとどうなるのか？
 - 知らないで触れるとどうなるのか？

具体的な事故例：その他

- ・試薬ビンや滴ピンは
栓を持って持ち上げない！

1. 液体試薬は、試薬びんのラベルを上にしてもち、容器の内壁に伝わらせて静かに注ぎ込む。ピーカーに注ぐときは、ガラス棒に伝わらせるようにする。



- ・悪臭のガスが発生する実験は必ずドラフトの中で！

くれぐれも目に注意
特にアルカリ

防護メガネ
ゴーグル型、メガネ型
実験室に常備、実験室で着用
(my ゴーグル、購入可)

白衣
あった方が better、
汚れても構わない私服でもよい

事故→すぐに処置→担当教員に連絡→保健センター



保護めがね



ピペッターへの装着で
怪我をするケースが多い



5分以上水で冷やし
保健センターへ

「安全手帳」

編集：電気通信大学 安全・衛生委員会

いろいろな場面での安全の心得

- 電気
- 半導体プロセス
- エックス線
- 電子顕微鏡
- 化学系実験
- 高圧ガス・液化ガス
- 機械類
- レーザー

p. 58-64 IX. 化学系実験室および実験上の安全について

1. 実験の時の一般的注意

(1) 実験台とその周囲の片付け

実験台の上に不用のものがあると引火などにより思わぬ火災の原因となる。また、ひじなどで倒したりして事故のもとになる。実験をはじめる前、および終了後は机の上には何も無い状態が望ましい。

化学実験では実験台の周囲を歩き回ることが多いが、かばんなどの持物や器具類、試薬類を床の上に置くことはよくない。つまずいて、持っていたものを落とすことになる。

(2) 服装その他について

化学実験で最も気をつけなければならないのは「眼の保護」である。実験室では、自分が実験しているときはもちろん、例え自分自身が実験していないときでも、爆発や飛散の可能性があるから「化学系実験室では、必ず「安全メガネ」を着用することが義務づけられている。酸やアルカリは皮膚や粘膜を犯しやすく、特にアルカリは万一眼に入ったときは失明のおそれさえあるので、流水で15分以上洗い流す必要がある。また、コンタクトレンズは、眼に薬品が入った場合を考え実験室では使用しないこと。

服装は、腐食性の薬品がはねて付着してもかまわないもの。白衣（生協で売っている）であれば申しない。袖口が広いもの、コートなど打合せの広がるものは手を伸ばしたときに脇にある器具などを倒すので好ましくない。また、長い髪はたばねるべきである。モーターなどに巻きこまれると大事故につながる。

履物は薬品をこぼしたときのことを考えれば、足の甲の覆われているのがよい。サンダル履きは好ましくない。万一転倒したときに重大事故になりやすいので、ハイヒール等実用性を犠牲にしたものは避ける。スニーカーのようなものを別に実験室用として準備する。

(3) 実験をする時間について

化学実験では実験上の理由で夜間遅くまで実験しなければならないことがしばしばある（それ以外の理由、例えば、登校する時間が遅かったからなどという理由は問題外である）。そのようなときは「指導教員の許可」を得る。研究室の最終責任者は指導教員であり、万一の事故の責任を負う立場であるからである。

実験は1人で行わない。火災の際1人では対処できない。実験の操作そのものは慣れたものであっても、貧血で倒れるとか、容器を洗滌中にガラスで手を切るなど思いがけないことが起きたときに冷静に処置できる人間が他に必要である。

その他に体調が悪いとき、実験の後予定があつて何時までに終わらねばならないというときは実験の失敗や事故を起し易い。前者の場合は実験はやめる、後者は実験を始めるまでの段取りに検討が必要である。

(4) 実験中の態度について

必ず内容を理解した上で実験操作を行うこと。これは意義のある実験結果を得るためのみならず、不用意なミスによる事故を防ぐためでもある。一つ一つの操作の意味を理解していれば加える薬品の順序を間違えるということもない。周到な計画と準備の上、実験には注意力を集中してあたるべきである。またある程度実験に慣れてくると、しばしば慣性になり操作も粗雑になりがちであるが、それらも事故を誘発するので気をつけなければならない。

他人の実験台上のものに触れない。断りなく器具などを動かすと、取り違えの原因となる。

実験室での「喫煙、飲食」は厳禁である。また飲料のビンを実験に用いたり、逆に実験用の器具を食器として用いることは、思わぬ事故になることがあるので行ってはならない。

反応の完了を待っていたり、大量の蒸留を行っているときに、長時間席を離れたり、マンガを読んでいたりとすることは是非はいうまでもない。事故は予想できないときに起きる。蒸留中に冷却水のゴム管が水圧の上昇により外れて洪水を起すことで他人に迷惑をかけることはときどき見られることである。反応が定常的に見えても、一定の誘導時間の後起こる反応があったり、攪拌時の回転軸のセンターのずれ、器具固定のゆるみなどはその場で聴いていれば早く気づくこともある。その他目や鼻によって事故の前兆に気づくことは多い。

2. 火災について

(1) 一般の注意

1. 実験中に火が出たら本人は消そうとせずただちに「火事だ！」と大声で叫ぶこと。
2. 火を出した本人は動転して危険なので、その場から遠ざけること。
3. 周りの冷静な人が初期消火に携わること。火を出した本人に絶対消火作業をさせないこと。
4. 消火器（CO₂消火器、ABC消火器）で
「消火の3原則」
 1. 燃えるものを断つ。
 2. 酸素を断つ
 3. 冷やす。

を実行する。

研究室に配属された学生はまず「火災」のときの処置を確認すべきで、教員はその指導をしなければならない。

まず、第一に逃げる方法の確認である。化学実験室は必ず出入口を2か所以上作らなければならない。実験室が狭くても一方の出口の前に物を置いて閉めきりにすることをしてはならない。また、2階以上では可能ならば避難器具を使うことも考えに入れる必要がある。

次に消火器、消火栓、火災報知器の位置を確認することである。消火器は最近では普通火災、油火災、電気火災のいずれにも使えるABC消火器が標準であるが、二酸化炭素を圧入したタイプの消火器も小火災には有効である。消火器の使用法（安全ピンの抜き方、握りの押し方、噴出が止まるかどうか）は実際に試してみないと、いざというときあわてて失敗する。消火器の有効期限は5年であるので、点検しておくことは指導者の責任である。消火器が有効でない火災でも防火砂は有効である。常備することが望ましい。なお、消火器の使用の訓練を教室ごとに1年に1回行うことが望ましく、消防署から実施法、器具の援助が得られる。

(2) 危険物

ここでいう危険物とは消防法で指定されている物質で火災を引き起こす可能性があるものを示す。これらの取扱場所は本来一定の条件を満たしていなければならない。また多量に取扱う場合は、有資格者の同伴が法的に義務付けられている。特にその貯蔵は「危険物貯蔵所」として指定された所（本学では東6号館の東側に一定量以下の可燃性物質を貯蔵する「危険物屋内貯蔵所」がある。）でなければならない。いわゆる18ℓ石油缶やガロン瓶のように大量の可燃物を実験室に置いておくときに大きな火災となる。

帰宅するときは溶媒などの瓶を机の上に置き放しにしないで机の下の引戸の中か薬品庫にしまうことを薦める。これは地震の際に火災が起きるのを極力減らすため、最近では高価ではあるが防振防爆の試薬棚も市販されており、床に固定してこれを使えば理想的である。よく冷蔵庫の中に溶媒に溶かした試料を保存しているが、低温でも溶媒の蒸気圧はゼロではないから、もしそれが爆発限界の中にあり、庫内が引火点以上であればサーモスタットの火花で爆発する可能性がある。実際エーテルが爆発した例は多い。最近では防爆型の冷蔵庫が販売されている。

(3) 実験中の注意

有機化合物、特に有機溶剤は多かれ少なかれ可燃性であることを常に念頭におかなければならない。これらを加熱する際に直火を使うのは論外であるが、湯浴（油浴）を使うときでもガスバーナーなどの裸火の使用は避け、電気を熱源としたヒーターを用いるのがよい。

溶媒蒸気の比重はたいてい空気より大きいので、換気の良いところで取扱わないと低いところに滞留して爆発の原因となる。化学実験室にはドラフトチャンバー（略称ドラフト）と呼ばれる排気ダクトをつけた装置の設置が義務づけられ、以上のことと後に記す健康のことを考えると、有機溶剤を扱う実験は極力ドラフトの中で行うのが望ましい。（ドラフトは場所もとり高価でなかなか設置しにくいものであるが、近頃は小型で卓上型も市販されている。）

もし火災が発生して火傷を負ったときは応急処置として水（又は氷水）で十分長い時間（15～30分）冷やす。火災のため衣服に火がついたときは、脱ぎ捨てるか、身をかがめ床に転がって消す。走りまわるのはかえって火をおおるようなものである。実験室内の一角あるいは廊下にシャワーの設備を設けるのは現代の化学実験室では常識とされている。

3. 有害物質

有害でない化学物質はありえない。食塩やグルコースでも摂取量によっては有害である。化学物質の毒性・有害性は基本的にはその量に依存する。過去に毒性が報告されていなくても、その後、毒性が指摘されたものは数多くある。

一般に有害物質は毒物及び劇物取締法や労働安全衛生法などにより規制される物質で、何がそれに該当するかは適当な解説書（例えば「毒物及び劇物取締法解説」改訂版、毒劇物安全性研究会編、薬務公報社(2002)など）を参照されたい。同法によればいわゆる猛毒物質でなくても規制下にあり、学術研究のために教員、学生に使用が認められている化学物質に注意が必要である。特に毒・劇物はカギのかかる、戸がガラス製でない、「医薬用外毒物」または「医薬用外劇物」と表示された専用の保管庫に保管し、その購入量、使用量、残量を記した使用簿を作らなければならない。なお、この保管状況は年一回保健所等の査察がある。

よく用いられる試薬の中で毒物または劇物であるものを挙げて、シアン化物、水銀とその塩、カドミウム塩、無水クロム酸、ヒ素、塩化水素、過酸化水素、クロロホルム、四塩化炭素、ナトリウム、カリウム、ニトロベンゼン、アニリン、二酸化炭素、硝酸、硫酸、フェノール、メタノール、ヨウ素、臭素、フェニレンジアミン、ホルムアルデヒドなどありふれた試薬が該当しているので注意しなければならない。また、特定化学物質に指定されているベンゼンのように白血球数に異常を生じさせるものもあり、薬品は基本的には有害であるとして扱った方がよい。

急性中毒事故が起こったときの救急処置については中毒110番（財団法人日本中毒情報センター）電話0990-52-9899（ダイヤルQ 2（有料）、9～21時）、URL <http://www.jp-poison-ic.or.jp/homepage.nst>がある。

「有機溶剤」のように蒸発しやすい物質は机上に放置しておくで実験室の空気を汚染することになる。その対策としては、(1)容器に栓をする。(2)栓のできないときは口の狭い容器、例えば三角フラスコをピーカーのかわりに使う、が挙げられるが、基本的には、(3)操作はドラフトの中で行う。

(4)実験室の換気に努めるべきである。これらの蒸気は呼吸による以外に、皮膚からも体内に取り込まれる。実験室内で臭いがするということがそれが不快な臭いでなくても分子が弾発していることを意味しているのだから、「室内の換気」には十分注意しなければならない。有機溶媒を皮膚に直接接触するのがよくないことは言うまでもない。金属表面から油性物質を除くのによく塩素系の溶剤、例えばトリクレン（トリクロロエチレン）、クロロホルム、パークロ（テトラクロロエチレン）のようなものをよく用いるが、これらは近年発がん性の疑いが持たれている。よく使う試薬は安全であるかのように思いがちであるが十分な注意が必要である。

ホールピペットやメスピペットで試薬を吸うようなことがあってはならない。直接液が口に入らなくても間違いない蒸気は吸引しているからである。当然安全ピペットを使うべきである。

冷暗所に保存すべき薬品類をよく食品用の冷蔵庫に保管しているのを見かけるが、非常識というより他ない。

ある種の化合物は一部の人にはアレルギーの原因ともなる。またある種のハロゲン化合物は慢性である。防護メガネの使用は1.(2)で述べたが、防護手袋も種々の目的のものも市販されているので積極的に活用したい。その他の保護具として防毒マスク、防塵マスクなども状況に応じて備えておきたい。

「特定化学物質」等を取扱う場合は特定化学物質取扱主任者や有機溶剤取扱主任者などの管理が法令で定められており、作業従事者にもよく認識させておく必要がある。

「紫外線を用いる実験」では、特に低圧水銀灯を用いるとき、光源がまぶしくないのでメガネをかけるのを怠りがちであるが、メガネなしで見続けるとあとで目にも眠れない程の痛みを覚えたり、ときには失明することもある。メガネはガラス製ならば紫外線をカットするので十分であるが、プラスチックの場合は紫外線を透過するものもあるので確かめる必要がある。また、メガネレンズの横から眼球に当たる紫外線も防ぐ必要がある。いわゆる白膜部分も紫外線によって猛烈な痛みを誘発するからである。紫外線で発生するオゾンも決して体によいものではないので換気に十分注意する。レーザー光線を用いる実験の場合も基本的には同様であるが、その波長に応じた材質のメガネを着用する。

4. 化学薬品及び廃棄物の処理

化学物質を確実に管理することは社会的な要請であり、安易に化学物質を流しに流したり可燃物・不燃物として処分することは許されない。その容器についても同様である。混合物、単一物質を問わず、廃棄する化学物質は有機物、無機物ともに基本的に環境に放出してよいものはない。

それらを処理するにはまず廃棄物を種類ごとに1つの容器に保管する。できるだけ正確な分類をしておくことが望ましく、これは処理費用を低減する上でも役立つであろう。

(1) 有機溶剤の場合は処分する際の処理方法が異なるので、ハロゲン系溶剤（ジクロロメタン（塩化メチレン）、クロロホルム、四塩化炭素、トリクロロエチレン（トリクレン）、テトラクロロエチレン（パークロ）などの塩素系溶剤、および含フッ素系）と非ハロゲン系溶剤は分ける。

(2) 無機系水溶液中で重金属イオン（鉄は除く。）を含む溶液はできれば金属別に分別回収し、それ以外の溶液とに分類する。固体は品目ごとに分けておく。

次に資格のある産業廃棄物処理業者に処理を委託する。その際財務課契約係から産業廃棄物マニフェストと呼ばれる書類をもらって廃棄物とともに処理業者に渡す。処理業者は中間処理業者、最終処理業者名を記入して返却してくれるので5年間それを保管しておく。なお現在産業廃棄物が正當に処理されなかったときはその発生者つまり本学に責任がおよぶことになっている。

平成13年、「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」（通称P R T R (Pollutant Release and Transfer Register) 法）が施行され、ベンゼンなど354物質群を年1,000kg以上使用する事業所（大学はキャンパスが一つの単位）ではその移動、排出量の報告が義務づけられ、また東京都ではそれ以外のアセトンなど34品目について独自の条例で年100kg以上使用するときは同様の報告を義務づけている。したがって、使用中の蒸発など意図せぬ廃棄を含めて、環境への排出を可能なだけ抑制するよう注意が必要である。

なお本学では最近薬品を洗わないままガラス瓶を廃棄してある例が見された。このようなことは非常識というより、本学の教育・研究機関としての存在上到底許されないことである。なおP R T R法が適用される事業所では容器も管理対象となる。

5. その他の安全について

化学実験では「ガラス器具」を使うことが多いが、よく起きる事故はガラス管をゴム栓に差し込むとき、力を入れすぎてガラス管を折り、その切口を手のひらに突き差すことである。そのようにするときはガラス管をまわすようにして、もしぬらしてもよければ水でゴム栓をぬらして行うとよい。

「ガラス細工」をした後に毛细管がよくできるが、これを机の上に放置すると思わぬけになることがある。小さいものほど注意して拾い集め、場合によっては溶融でまるめておくといよい。ガラスを切った切口は当然鋭いから、必ずパーナーで溶融してまるめておく（fire-polish）こと。ガラスの破片による切傷は意外に深く、出血も多くなりがらである。指定場所に必ず捨てる。

実験室の入口または電話器の脇などに、その部屋の実験者の連絡先、緊急時に連絡すべき部署や医師の連絡先、執務時間の表を用意しておくことはよいことである。

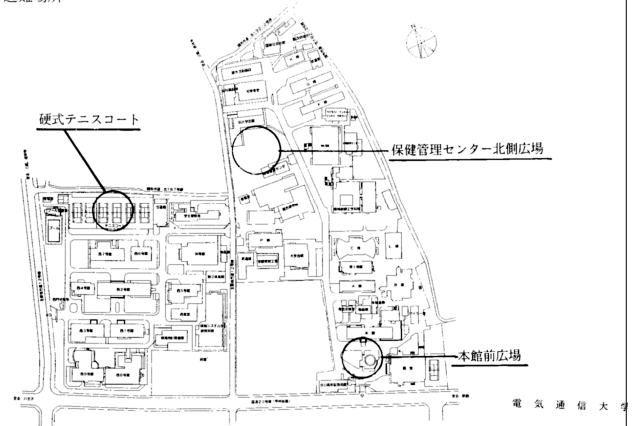
実験の後始末では薬品類を安易に流しに捨てることは厳に慎まねばならない。

地震時の対応

地震時における行動と蓄え“10のポイント”



本学の避難場所



ビデオ上映

1) 安全オリエンテーション

2) 有機溶剤

あとで署名をもらいます

レポート採点

同一のレポートが出てきたら、
どっちも0点
Copy&Pasteしただけのもの、
出典がなんであれ、0点

各自の脳みそのフィルターを通せ

ワープロは原則禁止

レポートに書くべき事柄

- 1、実験の**目的**
- 2、どのような**原理**ないし**方法**を用いたか
- 3、どのような**装置**を用いて、どのような**手段**でデータを得たか
- 4、**測定データ**は可能な限り**表**にし、最終的に**グラフ**にする。数値には**単位**を。
- 5、**結果**を整理してまとめる。
- 6、**考察** ・標準値との比較。食い違いの原因
- 7、**感想** (主観なので必須ではない)

レポート文章の書き方 1

理系の人が書くもの

たとえば**基礎科学実験**では

- ・自分だけが読むもの
実験ノート (自分がわかればよい)
- ・他人に読んでもらうもの、ただし**小説ではないレポート** (相手に通じるように表現)
その他、就活のエントリーシート、会社での出張報告、仕様書など

レポート文章の書き方 2

- ・実験したことは**過去形**で書く。
- ・内容の精選
必要なことは具体的にもれなく記述し、**必要でないことは一つも書かない。**

具体的な記述の例

コロイドを3倍に希釈し

⇒コロイド**12 ml**に蒸留水**24 ml**を加えて3倍に希釈し、

レポート文章の書き方 3

事実と意見を区別

この種のすりかえは論理の組み立てをぐらつかせ、不当な結論に導く。

例えば

- × この場合には拡散よりも対流の効果が大きい。
(意見なのに事実の記述として受け取れる)
- 私は、この場合には拡散よりも対流の効果が大きいと想定する。(意見)

レポート文章の書き方 4

記述の順序「**概観から細部へ**」

結論に向かって論理的順序で記述

相手が何を知りたがっているかに留意

レポート文章の書き方 5

明快、簡潔な文章

- ・一義的に読めるか(主語と述語)
- ・あいまいな表現は避ける
- ・普通の用語、短い文で文章を構成

問題 1

次の二つの文章のどこがおかしいか。

- 1、私は、この点を考えると〇〇氏の提出したモデルは現象を単純化しすぎている と思う。
- 2、ここで問題となるのは、前に述べたように、端子容量とケーブル容量が大きすぎると発振が停止したり、不安定になったりする ことである。

あいまいな表現例

1、式(12)は、A氏が最初に注目した関係である。

- ・式(12)の関係に最初に注目したのはA氏である。
- ・A氏は、最初、式(12)の関係に注目した。

2、黒い目のきれいな猫

- ・黒い目の、きれいな猫
- ・黒い、目のきれいな、猫

3、AとBの深さの差をhとする。

- ・Aの深さとBの深さとの差
- ・Aという長さとの差

問題 2

次の文章はどのように紛らわしいか。

1、ここに孔Aの2倍の大きさの孔をあける。

直径が2倍なのか？面積が2倍なのか？

2、AはBより5倍大きい。

$A=5B?$ $A=B+5B?$

引用について

1、文献

N.Kobayashi, T.Narumi and R. Morita, Jpn.J.Appl.Phys. 44 (2005) L784.
著者 雑誌名 巻数(出版年) ページ

2、単行本

東京天文台 「理科年表」, 2002年, 丸善, p.485.
著者 書名 発行年 出版社 ページ

3、webの場合

山本和彦「正確な日本語の書き方」,
<http://www2.kame.net/~kazu/doc/japanese.html>

引用元を示さないと盗作となる
著者のわからない文章は信頼しない