

# 基礎科学実験B



月曜3+4限(春ターム)、7・8クラス向け

ガイダンス

班分け、日程、履修方法

安全教育:ビデオ上映

安全教育署名(兼出席票)

授業:レポートの書き方

+ 化学に興味を持とう(話題提供)

配布資料: 実験方法他資料とローテーション表(両面印刷)  
安全教育署名用紙  
実験終了印一覧表

## 基礎科学実験B1 2024年度

名簿に漏れた方、お申し出下さい

クラス7,8(月曜) A班			クラス7,8(月曜) B班			クラス7,8(月曜) C班			クラス7,8(月曜) D班			クラス7,8(月曜) E班		
学籍番号	クラス	出席番	学籍番号	クラス	出席番	学籍番号	クラス	出席番	学籍番号	クラス	出席番	学籍番号	クラス	出席番
2412503	7	1	2412599	7	25	2412695	7	49	2412556	8	14	2412652	8	38
2412507	7	2	2412603	7	26	2412699	7	50	2412560	8	15	2412656	8	39
2412511	7	3	2412607	7	27	2412703	7	51	2412564	8	16	2412660	8	40
2412515	7	4	2412611	7	28	2412707	7	52	2412568	8	17	2412664	8	41
2412519	7	5	2412615	7	29	2412711	7	53	2412572	8	18	2412668	8	42
2412523	7	6	2412619	7	30	2412715	7	54	2412576	8	19	2412672	8	43
2412527	7	7	2412623	7	31	2412719	7	55	2412580	8	20	2412676	8	44
2412531	7	8	2412627	7	32	2412723	7	56	2412584	8	21	2412680	8	45
2412535	7	9	2412631	7	33	2412727	7	57	2412588	8	22	2412684	8	46
2412539	7	10	2412635	7	34	2412731	7	58	2412592	8	23	2412688	8	47
2412543	7	11	2412639	7	35	2412735	7	59	2412596	8	24	2412692	8	48
2412547	7	12	2412643	7	36	2412739	7	60	2412600	8	25	2412696	8	49
2412551	7	13	2412647	7	37	2412743	7	61	2412604	8	26	2412700	8	50
2412555	7	14	2412651	7	38	2412504	8	1	2412608	8	27	2412704	8	51
2412559	7	15	2412655	7	39	2412508	8	2	2412612	8	28	2412708	8	52
2412563	7	16	2412659	7	40	2412512	8	3	2412616	8	29	2412712	8	53
2412567	7	17	2412663	7	41	2412516	8	4	2412620	8	30	2412716	8	54
2412571	7	18	2412667	7	42	2412520	8	5	2412624	8	31	2412720	8	55
2412575	7	19	2412671	7	43	2412524	8	6	2412628	8	32	2412724	8	56
2412579	7	20	2412675	7	44	2412528	8	7	2412632	8	33	2412728	8	57
2412583	7	21	2412679	7	45	2412532	8	8	2412636	8	34	2412732	8	58
2412587	7	22	2412683	7	46	2412536	8	9	2412640	8	35	2412736	8	59
2412591	7	23	2412687	7	47	2412540	8	10	2412644	8	36	2412740	8	60
2412595	7	24	2412691	7	48	2412544	8	11	2412648	8	37	2412744	8	61
2010441	01	101	2311206	01	103	2412548	8	12	2312052	01	105			
2210227	01	102	2110209	01	104	2412552	8	13	2210709	01	106			

# http://kyoumu.office.uec.ac.jp/syllabus シラバスデータベースシステムにログイン

シラバス参照

## 講義概要/Course Information

2023/04/07 現在

### 科目基礎情報/General Information

授業科目名 /Course title (Japanese)	基礎科学実験B1 (春)		
英文授業科目名 /Course title (English)	Chemistry Laboratory		
科目番号 /Code			
開講年度 /Academic year	2023年度	開講年次 /Year offered	1/2/3/4
開講学期 /Semester(s) offered	春学期	開講コース・課程 /Faculty offering the course	情報理工学域
授業の方法 /Teaching method	実験	単位数 /Credits	1
科目区分 /Category	実践教育科目		
開講類・専攻 /Cluster/Department	情報理工学域		
担当教員名 /Lecturer(s)	石田 尚行		
居室 /Office	東6-816		
公開E-mail /e-mail	kagaku@e-one.uec.ac.jp		
授業関連Webページ /Course website	<a href="http://www.e-one.uec.ac.jp/~expchem/">http://www.e-one.uec.ac.jp/~expchem/</a>		

### 基礎科学実験Bの目的

- (1) 実験に対する姿勢を身につける。
- (2) 実験を通じて化学をぶ。
- (3) 基本的実験操作を体得すること。

高校までの理科科目の学習では実地に「もの（物質）」に触れ、理論や法則を目のあたりに確認する機会が多くありません。したがって紙の上での理解に陥り易く、また理解そのものも表面的になりがちです。電通大では実験および基礎的物質観重視の立場から、全学科に対して基礎科学実験Bを開講しています。

さらに、現代化学の重要な手法であるスペクトロスコピーを1年生の実験に導入していることや、安全と環境への配慮を教育するという特徴ももっています。

なお、この実験は理系学生の基礎を養うトレーニングコースと位置付けて指導します。

・・・この実験を通じて学んで欲しいこと・・・

実験中の観察や実験データの扱い、実験ノートやレポートを書く意味など、実験授業の目的を十分理解して取り組んでください。

#### (1) <実験の計画・遂行能力>

体を動かし実験を行う。自分で原理、内容や結果を理解する能力を養う。  
実験のマナーや安全管理の考え方を身につける。

#### (2) <理科系の素養>

種々の現象を観察し、面白さや発見の感動を体験する（科学の目を養う）。  
実験は原理を理解することが大切なことを認識する。

#### (3) <測定値の処理と誤差の扱い>



# 基礎科学実験Bのホームページ

国立大学法人  
**電気通信大学**  
Unique & Exciting Campus

更新履歴

- 2022.04.01 22年度の資料を追加
- 2022.03.22 21年度の資料を削除

**基礎科学実験B**

- 基礎科学実験Bは基礎科学実験Aとの通年開講です

連絡手段

学内向けシラバス

実験HP

なんのために実験するのか

受講のモチベーションを  
再確認しよう

意味・意義を理解して取り組まないと  
苦勞が報われない

「はじめに」を読んで下さい

学力をはかる物差しとは少し違う  
努力する姿勢、真面目さ、仕事の丁寧さ  
など

→ 就職のときに人事の方が気にするらしい

2024年度基礎科学実験B1 ローテーション表(月曜)

2024年度基礎科学実験B1 ローテーション表(月曜)								
	曜日責任者		クラス	アスピリン	電池	コロイド	MO	カフェイン
担当教員	石田		春7・8	○大橋	○加治	○畑中	○池田	石田
回数	実験日	レポート提出期限	クラス					
		13:00 〆切		A班	B班	C班	D班	E班
ガイダンス	4月8日		7・8	ガイダンス				
第1回	4月15日	4月22日	7・8	アスピリン	電池	コロイド	MO	カフェイン
第2回	4月22日	5月13日	7・8	電池	コロイド	MO	カフェイン	アスピリン
第3回	5月13日	5月20日	7・8	コロイド	MO	カフェイン	アスピリン	電池
第4回	5月20日	5月27日	7・8	MO	カフェイン	アスピリン	電池	コロイド
第5回	5月27日	6月3日	7・8	カフェイン	アスピリン	電池	コロイド	MO
再実験	6月3日	6月10日	7・8					
	6月10日			レポート最終締切				

すべて対面形式

## 毎週のライフスタイル:

1) 予習する

2) 前の週のレポートを出す。同曜日13時まで。

レポート未提出は評価が付かない(0点)

遅れた提出は減点(-2)

得点は、10、9、7、6、0点

10テーマで100点満点換算

減点はかなり効く  
ので注意!

提出の確認は事務方まで。

3) レポートの書き直しを命じられたら

次回提出期限までに再提出せよ

(書き直しは教育的配慮; 即減点ではない)

## 毎週のライフスタイル:

- 4) 授業開始と同時に10分間テスト(予習チェック)。  
紙面回収方法は教員に依る。  
遅刻者の受講可否は教員判断
  - 5) 教員が実験に関する注意・説明を行う  
これを聞かなければ実験はできない
  - 6) 実験終了が著しく遅い場合、減点(-1)
  - 7) 実験参加と提出レポートのセットで課題クリア
- \*) 原則として欠席振替や再実験は行わない  
ただし、先生の指示による場合と正当な理由には配慮する

## 全体

- ・前学期:春タームと夏ターム,後学期:秋タームと冬ターム
- ・基礎科学実験B1:春タームと夏タームに開講(必修科目)
- ・基礎科学実験B2:秋タームと冬タームに開講(必修科目)
- ・B1,B2で独立して評価(単位認定)される
- ・連絡手段(UEC学生ポータル,基礎科学実験BのHP,学内向けシラバス)
- ・2人1組で実験,原則16:00終了,16:10退室,途中で打ち切りもありえる
- ・受講できなかった場合は欠席扱い(0点),再実験を申し込む(最大1回)
- ・テキスト,案内を読まずに質問しない(予習・熟読する)
- ・防護眼鏡を実験初回に配布するので,毎回必ず持ってくる(忘れない)
- ・実験課題(前学期B1・後学期B2でそれぞれ対面5課題)
- ・学修要覧付録に特則のある場合(感染症,忌引き等)は,それに従う
- ・再実験を行うには,正当な欠席理由と,申し込みが必要(教員配置のため)
- ・10分間テスト:用紙を配布,遅刻-2点,遅刻時の受講可否は課題担当教員が判断
- ・実験は重要な授業のひとつ(大学でしかできない実験も多い)
- ・当日体調不良の場合:できるだけ事前連絡する,無理して出席せず再実験を受講する

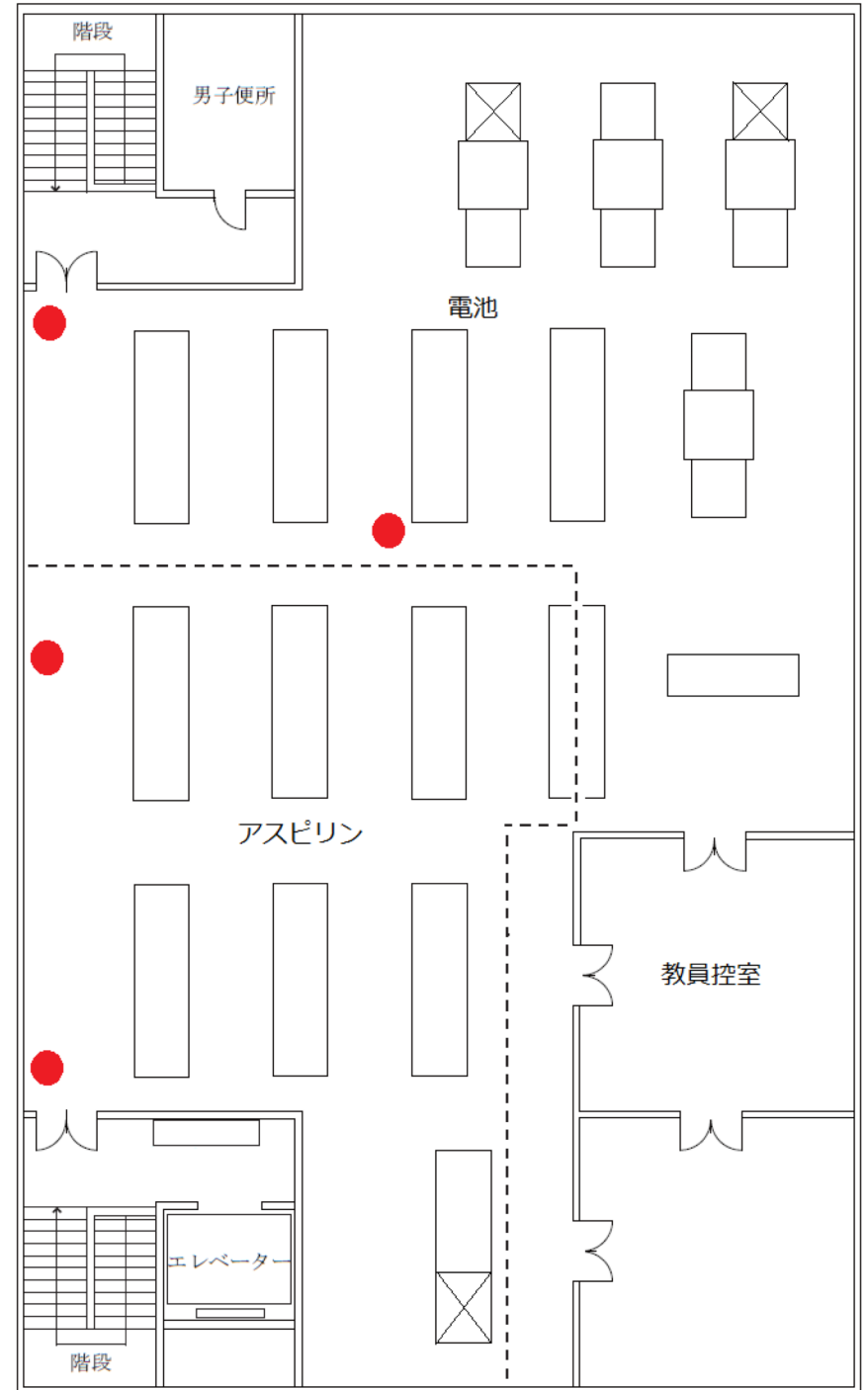
D棟実験室(3階)の配置図

# コロナ禍対応のこと

D棟実験室(4階)の配置図



●が消毒液の場所



●が消毒液の場所



## 実験室

- ・防護眼鏡: 実験中着用する
- ・アルコール消毒液: 実験前に消毒する, 着火に注意
- ・サンダル履きでは実験できない(その日は帰宅して再実験を受講する)

## 教員控室

- ・レポート評価は, 実験受講時間中に限り, 事務員に聞くことができる(一人2回まで)
- ・全員に個別の講評はしない

## 片づけチェックリスト

- ・ラミネート加工されたものが実験台に設置されている(過って持ち帰らない)

## 実験終了印一覧表(スタンプ台紙)

- ・実験ノートの表紙裏面に添付しておく(回収はしない)
- ・ノートチェックの後に捺印

## レポート

- ・B1のレポート:A3両面1枚のワークシートを紙で配布する  
A3両面1枚以内とし,グラフ等の印刷は裏面に四辺のり付けする  
1ページ目が見えるように2つ折りにして提出
- B1の優秀レポートを基礎科学実験B2で紹介することがある(名前は非公開)
- ・B2のレポート:実験終了時にレポート表紙を受領する  
A4レポート用紙の片面に書き,表紙と共に左上一か所をホッチキス止め
- ・レポートは,データ解析を除き,手書きに限る
- ・レポート提出先:レポート提出箱
- ・レポート提出期限は,翌週同曜日の13時00分まで
- ・翌週が祝日等,あるいは,再レポートの場合は,翌々週同曜日の13時00分まで
- ・再レポートの通知は,次回の実験中にある(最終回は別途案内する)
- ・B1の実験課題の優秀レポートを基礎科学実験B2で紹介することがある(名前は非公開)
- ・成績評価:テキスト参照(提出遅れ-2点,1通でも未提出があると不合格になり得る)
- ・レポートは試験答案に準ずるものであり,他人の文章のコピーペーストなどは不正行為として懲戒の対象になり得る

# レポートのルール

電子ファイル提出

表やグラフや本文は表計算ソフトやワープロを使ってよい。

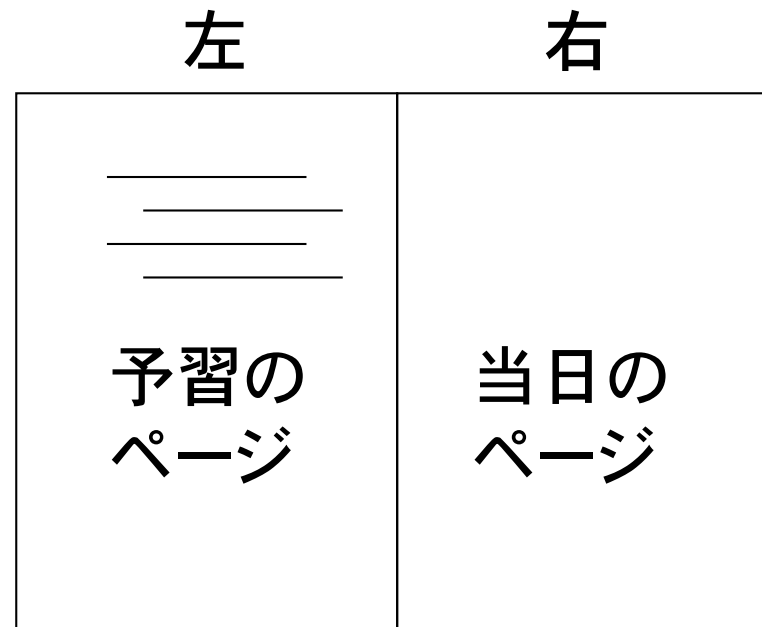
~~ペン◎、鉛筆△~~

~~ホチキスは左上留め~~

同じレポートがでてきたら、どっちも0点

# 実験ノート

その場ですぐ書く  
あとで写すのはいけません



×ルーズリーフ

企業／研究所では  
上司による日付&署名

ゆったり使う

訂正は、~~取り消し線~~で。×消しゴム

# 実験ノート

検印を押さない場合がある： [この項、各教員の指示によります](#)

- × 予習がノート半ページ以下(量がすべてではないが)。
- × 実験結果がテキストの余白に書いてある(にしか書いてない)。
- × 実験結果が部分的にしか書いていない。  
記録内容が1ページ以下など。
- × 共同実験者と同一内容の実験記録が書いてない  
(あとで書き写すなど)。

検印はその日のうちにもらうが、指示により翌週になることもある

# 環境への配慮

廃液処理(教員の指示に従うこと)

金属イオン類

有機廃液

酸・アルカリ

→ 産廃業者へ渡す責任

分別ゴミ

産業ゴミは別系統

ガラス類は表示のあるバケツへ

弁当やペットボトルは実験室では捨てない

# 実験室は共同利用です

器具の不具合や不足は補充する  
(まちがえないように)

実験の最後にチェックリストを渡す  
先生もいる

整理整頓／清掃

各自の机周辺は当然のことながら  
全体の清掃も

# 安全教育

1)ビデオ上映

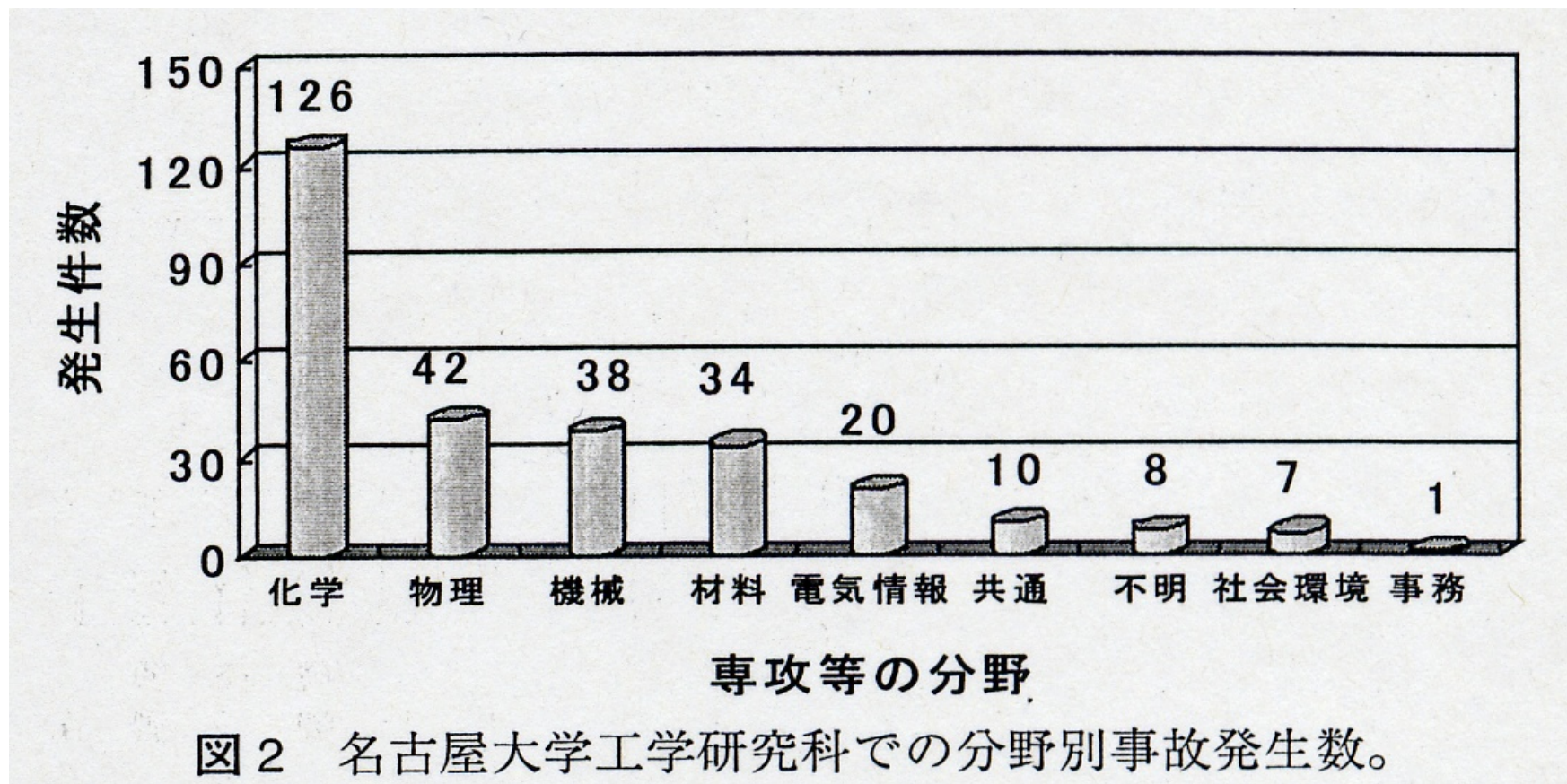
2)必ず保険加入

3)防護めがね

4)受講確認の署名



# 化学実験は事故が多い



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

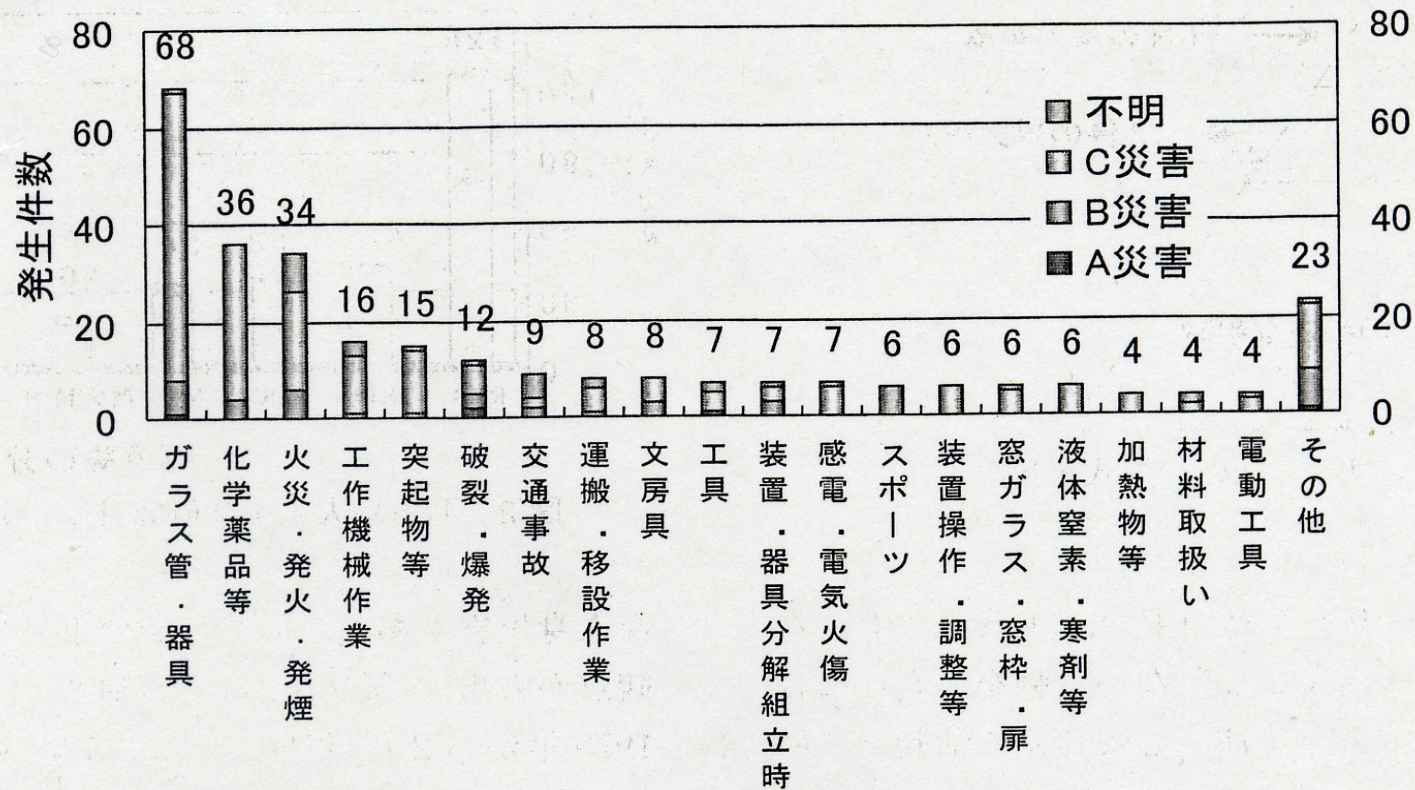


図3 名古屋大学工学研究科における事故の要因。事故は程度に応じてA, B, Cに分類される。

「ガラス器具、試薬類の正しい取り扱い」が求められる

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

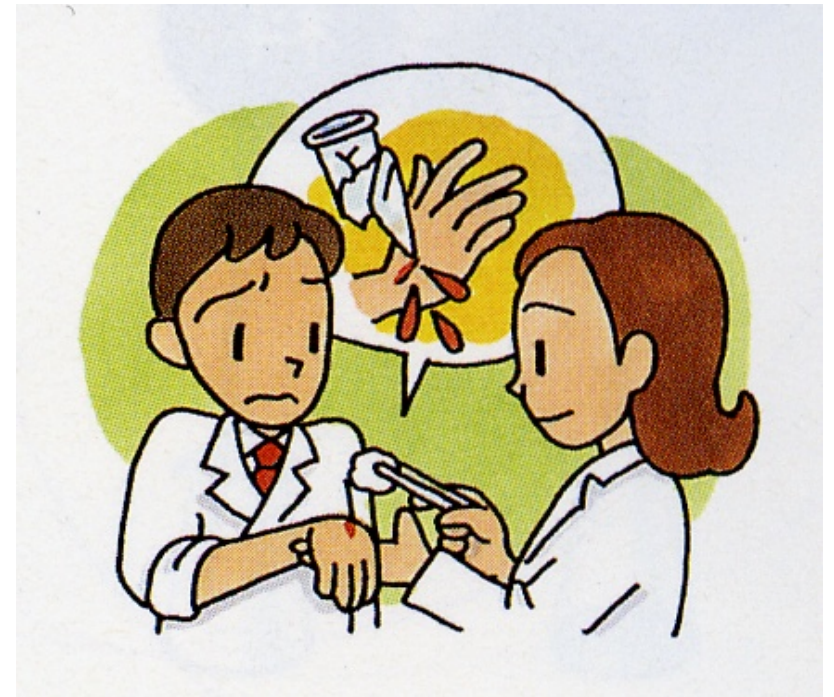


保護めがね



5分以上水で冷やし  
保健センターへ

ピペッターへの装着で  
怪我をするケースが多い



# 「安全手帳」

編集：電気通信大学 安全・衛生委員会



改訂新版2023,24

# 「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



## 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、および終了後は机上には何もない状態が望ましい。

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。つまりいて、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いけないのは「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）であれば申分ない。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。

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たりすることの是非はいうまでもない。事故は予想されないときに起きる。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こして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耳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) 一般的注意

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いて危険なので、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（CO<sub>2</sub>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ぬ。

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、点検を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万一のときに大きな火災となる。

「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夜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る紫外線も防ぐ必要がある。いわゆる白眼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は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

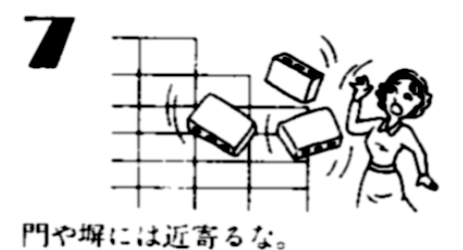
化学物質を確実に管理することは社会的な要請であり、安易に化学物質を流しに流したり可燃物・不燃物として処分することは許されない。その容器についても同様である。混合物、単一物質を問わず、廃棄する化学物質は有機物、無機物ともに基本的に環境に放出してよいものはない。

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。

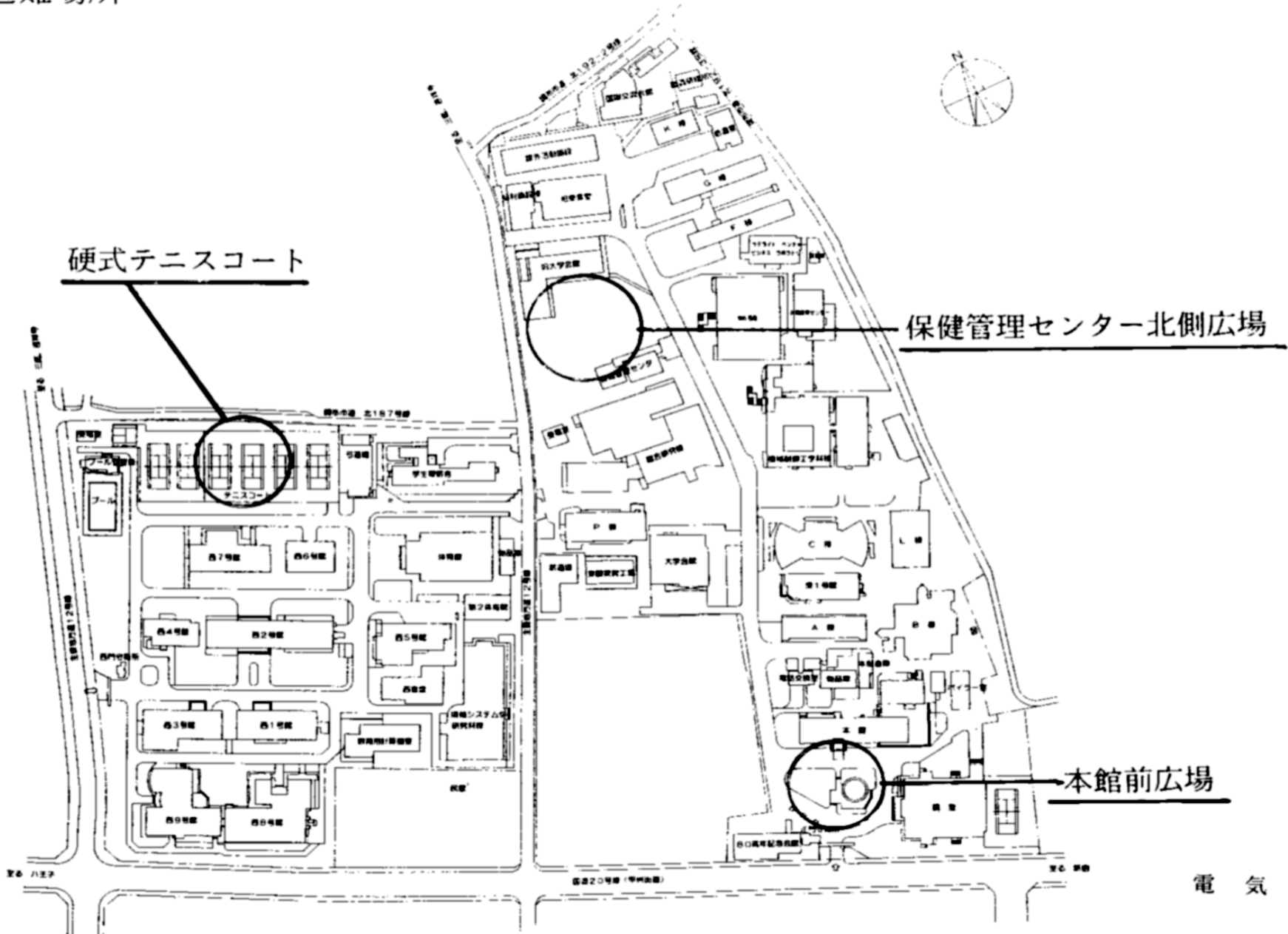
(1) 有機溶剤の場合は処分する際の処理方法が異なるので、ハロゲン系溶剤（ジクロロメタン（塩化メチレン）、クロロホルム、四塩化炭素、トリクロロエチレン（トリクレン）、テトラクロロエチレン（パークロ）などの塩素系溶剤、および含フッ素系）と非ハロゲン系溶剤は分ける。

# 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



# 授業

1) レポートの書き方

2) 有効数字

# レポートの重要性

## 報告書の意義

『すべての仕事は報告書で終わる』  
『ひとに伝えなければ、なにもしていないのと同じ』

理科系だからといって逃げていないで、  
文章の表現力(正確さ、論理性、説得力)に  
もっと注意を払おう。

理科系のレポートは、

論理性 ( $A \rightarrow B, B \rightarrow C, C \rightarrow D \dots$ ; 飛躍しない)  
客観性 (思い込み、独りよがりはダメ)  
適切な項目 (緒言、結果、考察など)  
図式、引用

## 適切な項目

題目、提出者、実験日、共同実験者、  
目的、理論的背景、原理、  
実験(試薬、道具、合成、同定、測定、)  
結果  
考察(自問自答、問題提起、)

オリジナリティに満ちたレポートでよい。  
しかし最低限の様式は守る。

**技術者・研究者は、報告する能力が重要**  
きちんと修練していただく。

## 過去形で書く

実験の部で、  
実際に行った操作の記述は「一事象」にすぎない。

理科系の作文では、普遍的な真理は現在形で書かれる。

「地球は丸い」

「水は無味無臭である」

一方、単なる実験事実は真理ではない。

「水 100 mL を計り取った」

「濾過した」

「収量は 2.3 g、85% だった」

考察の部は、現在形でよい。

「低収率の原因は、過熱と考えられる」



## 理解してもらうとする姿勢を示すこと

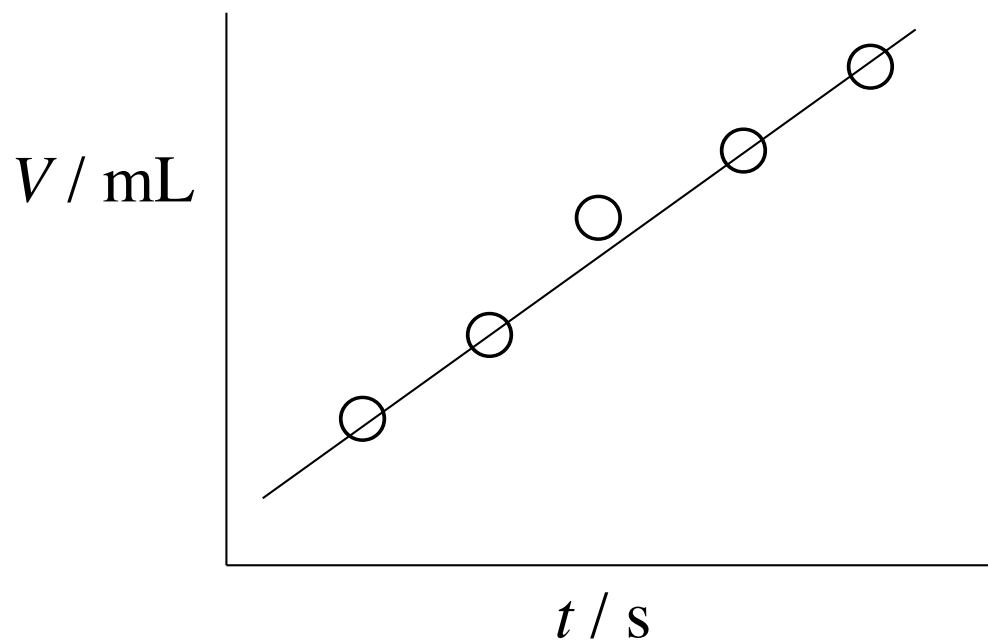
まぎらわしい字

6 と b ; k と K ;  $\alpha$  と 2 ; 1 と <sup>いち</sup>1 と <sup>エル</sup>7 ; q と 9

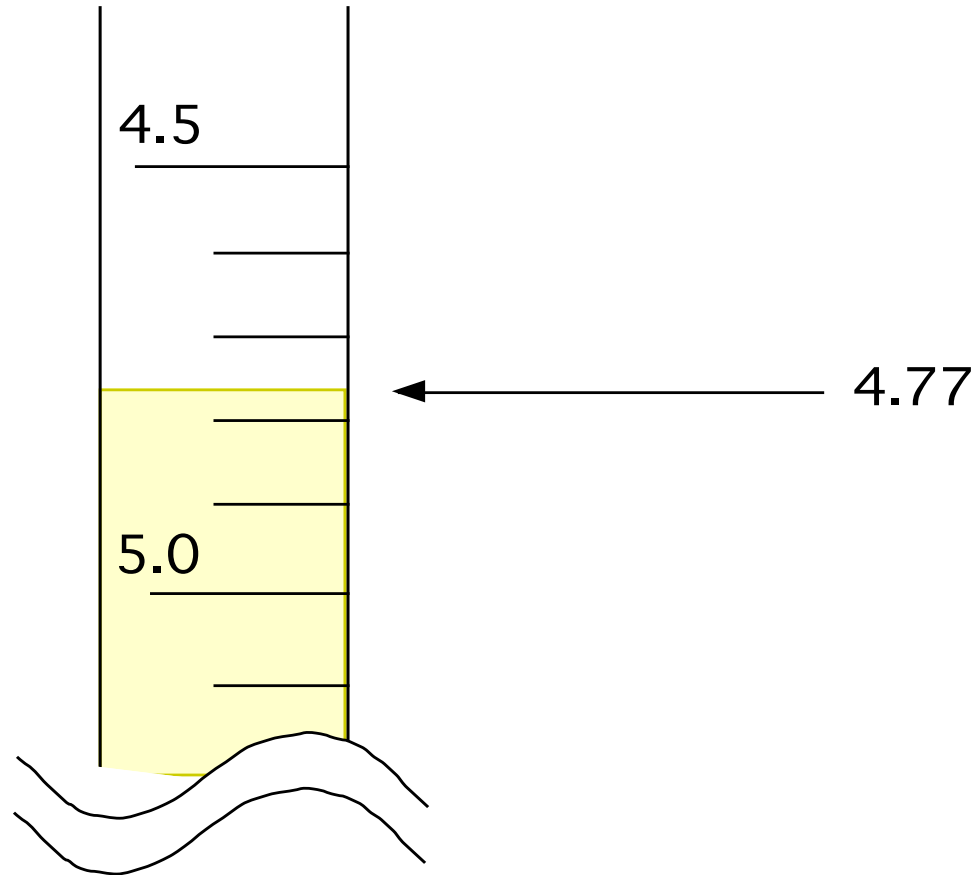
万が一にも誤解される可能性がある文章を書いたら必ず誤解される。書いた人に全責任がある。

グラフのデータポイントの適切な大きさ  
直線ならその傾き

45°くらい  
点でなく丸  
折れ線に意味があるか



# 最小目盛りの1/10を目測する



読みとりには、個人差がある  
一つのデータセットは一人で測定する

# 有効数字

物理量を報告するのにふさわしい桁までの数値のこと。  
何桁目までが意味があるのかを、意識して計算し、報告する。

1) データの桁数程度で報告することが多い。

例 1 mmの刻みのある物差しで体積を測った。

縦 2. 1 1 cm、  
横 3. 2 2 cm、  
高 4. 3 2 cm、 体積は？

電卓  $V =$   ~~$29.350944 \text{ cm}^3$~~

四捨五入

$29.4 \text{ cm}^3$

	2 1 1		6 7 9 4
x	3 2 2	x	4 3 2
<hr/>		<hr/>	
	4 2 2		1 3 5 8 8
	4 2 2		2 0 3 8 2
	6 3 3		2 7 1 7 6
<hr/>		<hr/>	
	6 7 9 4 2		2 9 3 5 0 0 8

丸め誤差により精度を落とすことは避ける  
一桁余計に計算に使う。  
3桁のデータなら計算は4桁

## 有効数字

物理量を報告するのにふさわしい桁までの数値のこと。  
何桁目までが意味があるのかを、意識して計算し、報告する。

**報告できる桁の数は、  
データの桁数を越えることはない**

暗黙に、最後の桁があやしい（ $\pm 1$ 程度）

→ 例えば3桁のデータは3桁で報告

2) 精度の悪いほうへ合わせる。

例 1 mmの刻みのある物差しで体積を測り、1mgまで表示する天秤で質量を測った。

体積は  $V = 29.35 \text{ cm}^3$ 、質量は  $50.789 \text{ g}$ 、  
密度は？

電卓  $d =$   ~~$1.733412969 \text{ g/cm}^3$~~

四捨五入

$$\begin{array}{r} 2935 \quad ) \quad \begin{array}{r} 50789 \\ 2935 \\ \hline 21439 \\ 20545 \\ \hline 8940 \\ 8805 \\ \hline 135 \end{array} \\ \hline \end{array}$$

$1.73 \text{ g/cm}^3$

有効数字は悪い方へ倣う。積、商どちらも同様  
たとえば、3桁と5桁の商 → 3桁で報告

教訓：どの測定値も、同程度の精度をもつことが望ましい

和、差、ほかの演算、関数の場合でも、どの桁から先は意味を持たないかを、  
ケースバイケースで考えるといい勉強になる。

### 3) 微分の概念の応用

例 体積  $50 \text{ cm}^3$ のうち、 $2 \text{ cm}^3$ 程度がばらつく、あるいは不確かだ、という場合、  
 $50 \pm 2 \text{ cm}^3$ と書く。これは誤差4%と評価される。  
質量が  $100 \pm 1 \text{ g}$ であるとき、誤差1%と評価される。  
そこで、密度  $d$ を求めたら、その予想誤差は？

考え方 微分の概念を使える人 (あなた方)

主値だけ計算、 $100/50 = 2.0 \text{ g/cm}^3$

誤差だけ計算、 $4\% + 1\% = 5\% \rightarrow \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$

なぜなら、積でも商でも、相対誤差は和となる。

$$(1 \pm |\Delta x|) (1 \pm |\Delta y|)^{\pm 1} = 1 \pm (|\Delta x| + |\Delta y|)$$

$$(1 \pm |\Delta x|)^n = 1 \pm n|\Delta x|$$

さらに細かいことを言うと、単純な和というわけでもない。  
データ数 ( $n$ )が増えると、 $\sqrt{n}$ で精度が向上する。

『すべての仕事は報告書で終わる』  
『ひとに伝えなければ、なにもしていないのと同じ』

理科系だから作文力がなくていい、ということは決して無い  
理科系だから話せなくていい、ということも決して無い

書類作成の技術  
発表の技術  
議論／会話の技術

技術者・研究者である以前に、  
仕事のできる社会人としての要求項目