

# ライフサイエンスにおけるレポート・論文の書き方

2012年1月10日改訂（2010年9月5日初版）

生命科学部生命医科学科 西澤 幹雄

## I. はじめに

### I-1. 大学における学習とは？

高校までの勉強は、基礎的な知識を習得するための学習である。大学での教育は義務教育ではなく、高校までとはまったく異なるものである。一言でいうと、**大学は何かを与えられるところではなく、自分で知識を習得するところである** (1)。

大学での学習には次のような特徴がある。

1. 学生みずからが自主的・自発的に学習を行う。
2. 講義や実習は、学習の単なるきっかけである。
3. 高校までの教育とは全く異なり、大学での教育は手取り足取りの指導はない。
4. 学生自らが疑問を持ち、調べ、質問しない限り、進歩はない。
5. 逆に、学生みずからを向上させようとすることは簡単である。
6. 大学での教育は、将来、大学院や社会において突き当たる**未知の課題**の解決に備えるものである。

大学あるいは大学院においては、「叩けよ、さらば開かれん」(2) という姿勢がない限り、個人の進歩はない。

### I-2. 未知の課題とは？

将来、突き当たる未知の課題とはどのようなものだろうか？ 課題は質問と置き換えることができるが、質問（問い）には次の2種類がある。

#### 1) Closed question

Yes か No で答えられる問いのことをさす。たとえば、「あなたは大学生ですか？」などの質問であり、「はい」か「いいえ」でしか答えられない。また○×式や択一式の問題などもそうである。大学入試までは、教科書に載っている習得すべき基礎的な知識の確認を行うものであるので、**closed question** がほとんどである。

#### 2) Open question

Yes や No では答えられない問いをさす。**How** や **What** で始まる質問や、論述問題などが相当する。たとえば、「あなたは何をすることによって、生き甲斐を見出しますか？」という質問である。4回生で行う卒業研究や大学院での研究テーマは、最初から実験結果（答え）がわかっているものではなく、**Open question** である。（もしわかっていたら、なんら新規性がないので、科学的価値はない。）卒業して会社の中でいろいろな仕事を与えられたとき、みずからが解決策（答え）を見出していかなければ

ばならない。これらも単純に答えられない Open question である。

このように、「渡る世間は Open question ばかり」である。大学院や社会においては、答えが事前にわからない「未知の課題」を解決する必要に迫られる。他人（ひと）に教えてもらってわかったつもりになっていても、実際に「未知の課題」を解決できなければ実力がないと見なされる。高校と社会の間に位置する大学・大学院での高等教育は、個人の意識を変革させ、社会で活躍できるように実力をつけさせる意味も持っている。

### I-3. 自然科学とは？

ところで、日本語の「科学」に対する言葉は science であり、ラテン語の scientia（知ること）に由来する。「自然科学」 natural science は狭義の科学に相当し、**観察や実験に基づく体系的な学問**を意味する。一方、生物学 biology などの「学」logy の語源はギリシア語の logos であり、**言葉を通して表された理性的活動**、すなわち言語・思想・理論などを意味する (3)。なおロゴスという単語は、新約聖書「ヨハネによる福音書」の冒頭に「はじめにロゴス（言葉）ありき」として現れるので、有名である。

西洋における科学は、言葉 (logos) で表され、**論理 (logic)** に裏付けられた系統だった知識を意味する。したがって、Linné (Linnaeus) の植物分類のように、物や事柄のある基準に沿って分類して記述する (describe) ことが、科学の第一歩である。単なる事柄の羅列は科学ではない。自然科学の研究においては論理性が重視される。研究の内容を人に伝えるレポートや論文においても、**論理の展開がわかりやすく、矛盾がない**ことが求められる。別の言い方をすると、研究の筋道あるいは論理の流れ (story) が理解しやすいことが極めて大切である。

**科学の進歩は「問い」と「答え」の繰り返し**による。なにか疑問を持ち、それに答えたとする。その答えに対し、新たな疑問が湧いてくる。それに対して新たな疑問を持ち、さらに答える。この繰り返しが大切である。ソクラテスの「対話」(4) が典型的な例であり、知っていることと知らないことを見分けることが大切である。

### I-4. 自然科学における大切なこと

学生実習のような教育においても、また実際の研究を行う上でも大切なことが2つある。客観性と再現性である。

#### 1) 客観性

われわれは目の前で起こっている事実を、主観的に認識する。この認識は個人によって異なったり、同じ個人でも日が変われば異なったりする。しかし、それを**定義された言葉や数式**によって記述すれば、ものごとを客観的に他人に伝えることができる。音楽の場合には五線紙上の「音符」として、誰にでも伝えることができる。観察した事柄や、法則などが万人に共有されるためには、特定の意図や偏った考えの入り込まない、定義された言葉や数式による客観的な記述が必須である。

#### 2) 再現性

ある個人が経験したことは、一回限りでその人だけのことかもしれない。しかし個人が経験したことを、他の人も同じように経験することができるならば、それは普遍的

な法則となりうる。「同じことを誰がやっても、同じ結果となる」ということが科学の基本である。良いレポートならば、レポートを見ながら同じ実験を繰り返すことが可能なはずである。

### I-5. ライフサイエンスにおける特徴

ヒトや動物を含む生命を対象とした学問はライフサイエンス life science (生命科学) と総称されるが、医学、薬学、歯学などさまざまな学問分野を含む。研究者にはこの他に生命科学、理学、工学、農学、獣医学などの出身の人が含まれ、裾野が広い。ライフサイエンスは対象が生物であるため、複雑度が高い。したがって、次のような特徴がある。

1. 物理学の数式 (例、 $E = mc^2$ ) ような簡単な原則は非常に少ない。セントラルドグマ (DNA makes RNA makes protein) にしても、例外がある。
2. 「絶対」、「100%」などということはありません、例外や反例が多い。
3. 生物種による差 (例、ヒトとマウス) および個体による差がある。
4. 統計的な手法が必要になることが多い。
5. いろいろな方法による複数の実験の結果から、最もあてはまる仮説 (最も矛盾しない仮説) を理詰めで導くことが多い。
6. 定説とは、長い間の仮説の積み重ねである。もし先人の知識の積み重ね (論文や教科書に書いてあること) がなければ、新しい発見は生まれない。

ライフサイエンスが本来持つ複雑さのため、その教育には長い訓練期間を必要とする。学生実習のレポートは訓練の一つであり、かりに将来、研究者にならなかったとしても、実社会において充分役に立つ経験となる。

## II. 学生実習レポートの書き方のルール

### II-1. 筆記用具

手書きまたは Word 等のワープロソフトを用いる。手書きの場合には、鉛筆ではなく、黒または青のボールペン、あるいは万年筆を用いるのがふつうである。インターネットからのコピー (丸写し) の防止のため、手書きを推奨する場合もある。実際には、学生実習毎にどの筆記用具を用いるかは異なり、それぞれ指示があるので、その指示に従う。

### II-2. 基本的な書式に従う

ライフサイエンスにおける、学生が書くレポートの書き方は、研究者が書く論文の書き方とほとんど同じである。下記のような、世界中に認められている基本的な形式をとる。基本形式を整え、読み手にわかりやすくなければ書く意味がない。

表紙 Cover page

序論 Introduction

材料と方法 Material and methods

結果 Results

考察 Discussion

参考文献 References

学生実習・学生実験のレポートに関しては、講義を受けた内容について、結果がどうなるかが予想される実験を行う。そこで、序論は「実験の目的」のみでよい場合もあり、また教育的な見地から本来、論文にはない「課題」を追加する場合もある。

### II-3. わかりやすさ

学生が書くレポートも、研究者が書く論文も、読者にわかってもらえなければ無意味である。とくにレポートは他人に評価してもらうためのものであるから、他人にも理解できるような、客観的で理解しやすい簡潔な記述が求められる。

「なたもだ」は宮川俊彦氏（国語作文教育研究所所長）の考案であり、人（＝他人）にわかりやすく伝えるための情報を引き出す言葉の頭文字を取ったものである（5）。

な なぜなら：理由を考えてみる。

た たとえば：具体例を書く、あるいは客観的な意見や見方を書く。

も もしも：仮の設定を作り別の視点から考える。

だ だから：結論を書き出すきっかけ。

これは、科学的なレポートや論文でもほぼ共通するもので、客観的で論理的に書くために大切なことである。

な なぜなら：結果と考察でよく使われる。

た たとえば：考察において、他の例や考え方を引用する場合に使われる。

も もしも：論文ではあまり使われないが、考察で使うことがある。

だ だから：レポート・論文では「だから」は使わず、「したがって」を用いる。

### II-4. 結果の解釈とは

「実験結果がどのようなことを意味するか」を考えることを、実験結果の**解釈 Interpretation**という。たとえば、吸光度の測定値を検量線（標準曲線）にあわせて、タンパク質濃度を計算する過程は、直接的な解釈に相当する。このように、**結果からすぐ導かれる事柄**については「結果」の項に書く。定量的データの場合には表に書くことも多い。もう少し複雑な解釈については「考察」の項に書く。

実験結果は客観的に解釈するべきであり、「どのように考えても個人の勝手でしょ」という独りよがりな解釈をしてはならない。「A という法則が成立する条件下で、B という実験結果が得られたため、C という解釈ができる」というように、一定の理論的根拠に基づいた解釈でなければ、読者は納得しない。とりわけ、学生実習の場合には基礎となる理論は講義で習っているはずであり、実験結果が予想される。たとえば、得られた実験結果と文献等を書いてある値とが大きく異なる場合には、必ず考察しなければならない。

## II-5. 論理的思考

客観的でわかりやすい記述にするためには、筋道立てて説明する必要があり、**論理展開**あるいは**論理の流れ**が必須である。実験で行ったことを羅列するのは科学ではなく、レポート・論文にはならない。

プロ野球の試合を例に取ってみよう。野球の**実況中継**はアナウンサーのナレーションであり、目の前で起こっている事実を時系列に沿って述べている (**narration**)。プレーは、**実験操作**に相当する。スコアラーは投手の配球や走塁、得点などを分類して、**スコアブック**に記載している (**description**) が、これは科学の**実験ノート (実験記録)**にあたる。試合のあった晩に放送される**野球ニュース**は、結論に関するプレーを紹介してそのプレーの意味を**解釈**し、試合の流れをわかりやすく述べて、勝利の原因を考察し、試合の勝敗 (結論) を伝えるので、**発表 (プレゼンテーション)**に相当する。テレビの視聴者は「なぜ勝ったのか、負けたのか」その原因を知りたいので、その疑問に答える番組内容が求められる。野球ニュースで説明される試合の流れは、レポート・論文における論理の流れに相当する。そして、試合翌日に載っている**新聞記事**は、野球ニュースの内容を文字として読者に伝えるものであり、**レポート・論文**にあたる。

## III. 各項目の書き方

下記は一般的なレポートの作成法である。基本的な事項をそれぞれの章について述べてある。これらの基本的事項を満たして、実際にどのようなレポートにまとめあげるかは各自の書き方による。所定のサイズの用紙 (A4 が主流) を用い、左上隅をホッチキスで綴じて提出することが多い。学生実習・学生実験の種類によって用紙や様式が異なることがあるので、各学生実習での指示に従うこと。

### III-1. 表紙

一枚目の紙に、以下の項目を必ず書くこと。

実験テーマ

実験の日時

レポートを書いた報告者の氏名 (大きく書くこと) と学籍番号

共同実験者氏名

### III-2. 実験の目的

基礎となる知識や理論などの講義を受けているので、実験の目的を簡潔で要領よく書けばよい。単に「...について実験する」とだけ書く人もいるが、これでは不適切である。教科書に書いてある既知の科学的理論について、予想される結論になるかどうか実際に実験を行い、その科学的理論について理解を深めることが学生実習である。実験マニュアル (指針書) には、「基礎的な操作になれる」など、学生実習を行う教育上の目的も書いてあるが、これはレポートに書くべき「実験の目的」とは別である。

なお一般の論文の場合には、背景を知らない一般の読者を相手とするので、「序論」として実験の背景を明らかにして、実験の目的についても詳しい説明を行う。

### Ⅲ-3. 材料と方法（実験操作）

結果・考察を正しく理解するために必要な、実験方法・条件等についての要点をまとめたもの。「ピペットが何本」とか、「フラスコを何個準備した」などと、実験マニュアルをそのまま書き写す必要はない。ピペットがかりに1本多くても、結果・考察を正しく理解するためにはあまり関係がないためである。

### Ⅲ-4. 結果

実験を行った結果を、過去形のわかりやすい文章で記述する。必要であれば、具体的な実験操作も記載して実験結果がどうなったかを書く。結論は、下線を引くなどして明示する。結果を図や表に整理することは極めて重要であるが、それらを並べるだけではだめである。「結果は図1に示した」あるいは「結果は表1に示した」とだけ書かれ、文章による説明のないレポートが非常に多いが、これでは不十分である。きちんと言葉で説明し、重要な点を記述する。言葉で説明できないものは、読者に伝えることができない。「読者が図を見て、読者自身が結果の解釈をせよ」というのは読者が理解できないのみでなく、読者に対して失礼である。

上述の通り、結果からすぐ導かれる事柄や直接的な解釈については「結果」の欄で書くが、複雑な解釈が含まれる場合には「考察」の欄に書く。なお実験で得られた「事実」と、その「解釈」をない交ぜにすることは避けなければならない。「どこまでが実験結果であり、どこからが自分の解釈か」ははっきり区別して書くべきである。

#### <大きく外れたデータ>

実験で得られた測定値などのデータは、必ず誤差を含むものであり、必ずしも理論値とは一致しない。とくに、試薬を加える順番を間違えるなどの誤った実験操作や、不正確なピペッティングなどにより、予想値より大きく外れることがある。このような測定値は、実験データとして用いることはできず、棄却しなければならない。しかし、実験ノート（あるいはレポート）の「結果」の項にはデータとして必ず記載し、棄却した理由（データに対する解釈）を書く必要がある。大きく外れたからといって、消してはならない。この点でも、鉛筆のような消える筆記用具は使うべきではない。また予想値から大きく外れた場合には、なぜそうなったかを「考察」の項で考察しなければならない。

#### <「実験ノート」について>

「実験ノート」（実験記録）は実験の根本であり、2つの目的がある。実験の計画を立てることと、実験内容を記録することである。実験ノートには**事前に実験操作のフローチャートや、測定値を書き込む空欄の表を作成しておくことが大切である**。予習（準備）になるとともに、実験の流れを円滑にして、実験の失敗や思わぬ事故を未然に防ぐことができる。

実験内容を記録するときは、「**得られたデータはすべて記録する**」のが基本である。実験ノートには消すことのできる鉛筆は使わず、**ボールペン等の消すことができない筆記用具を用いる**。訂正するときは、赤のボールペンなどで上書きし、元の値が消えないようにする。測定し直したときでも、一回目の値は消したりはしない。消しゴムで簡単に消せる鉛筆書きの実験ノートには、データの信頼性がない。

試薬や試料の希釈は間違えることが多い。例えば試薬 A を蒸留水で 100 倍希釈する場合、実験ノートには「 $x$  ml の試薬 A と  $y$  ml の蒸留水を混ぜて、100 倍希釈した」ことをすべて記載する。仮に希釈度数の計算が間違っているとしても、 $x$  ml と  $y$  ml を加えた事実は変わらない。もし  $x$  ml と  $y$  ml および試薬を入れた印 (✓) が書いてなければ、本当に 100 倍希釈した試薬 A を作製したかどうか、検証のしようがなくなる。

### Ⅲ-5. 図表データ

#### 1) データの種類

データには二種類あり、重さ、吸光度、コロニー数、電気泳動距離などの**定量的データ**と、コロニーの形態のような**定性的データ**がある。定量的データは必要に応じてデータ処理をして**表**にした後、**グラフ (図)**にする。一方、定性的データはスケッチをしたり、写真撮影をする。以下、定量的データについて述べる。

#### 2) 測定値の有効数字について

定量的データとして機器の測定を行うことから、測定値の有効数字を考慮することが必須である。例えば、1.4 g という測定値があったとすると、有効桁数は 2 桁であり、真の値は 1.35~1.44 g の中に存在する。機器の測定精度上、例えば分光光度計のように小数点以下 3 桁までしか測定値が得られないことがある。この測定値から計算して、結果を小数点以下 9 桁の数字で表すことに意味はない。さらに 2 つの測定値 A と B から計算して結果を出す場合、**測定値の中でもっとも有効桁数が少ないものに有効桁数を合わせる** (「まるめる」という)。また m (ミリ) や k (キロ) など、適切な国際単位系 (Le Système International d'Unités, SI) の接頭辞を用いて、分かり易くすること。

測定値としてどこまで意味があるかを考慮した「有効数字」の考え方は、いたって常識的な考え方である。たとえば理論式にしたがって測定値から計算をするときに、計算結果は決して整数にはなることはない。レポートでは測定精度上、有効桁数が何桁になるか必ず考えるべきである。

例 1 (重さの例) :

× 12.7358 mg、12735  $\mu$ g、 $12.7 \times 10^{-3}$  g

○ 12.7 mg

例 2 (値の比の例) :

× 8.7454 : 2.3846、3.6675 : 1、3.6675 : 1 = 3 : 1

○ 3.67 : 1

#### 3) 測定値と誤差について

実験における測定値は一般に、次の式で表される。

$$(\text{測定値}) = (\text{理論値}) + (\text{誤差})$$

ここで「理論値」とは理論上、得られる真の値を意味する。

検量線（標準曲線）の比例部分は、多少点が上下していても直線で引いて、折れ線グラフにする者はあまりいない。ところが検量線以外の場合、すべての点を折れ線で結ぶ例が非常に多い。これは基となる理論を理解していないためである。後述するが、理論的ないしは経験的に直線になることがわかっている場合は、直線を描くべきである。

#### <エラーバー>

学生実験では行うことは少ないが、卒業研究や大学院生以上の実験においては、同じポイントで複数の測定値を取ることがある。その時、2回取った場合には  $n=2$  (duplicate)、3回の場合には  $n=3$  (triplicate) などという。もし  $n=3$  以上の場合には、標準誤差 standard error (SE) や標準偏差 standard deviation (SD) を計算することができる。そしてグラフでは SE または SD をエラーバー error bar として、(平均値)  $\pm$  (SE または SD) として表す。SE と SD の持つ統計的意味は異なるので、両者の違いをきちんと理解して使い分けるべきである。もちろん測定値に信頼性がある場合のみ、平均値を計算することができる。誤った操作などで、信頼性に問題がある測定値は棄却すべきであり、統計的な扱いをすることはできない。おおまかな基準として、エラーバーが大きく重なる2つの値の間には、統計的に有意な差はない。

#### 4) 表の書き方

定量的データの処理として、表の作成は必須である。必要に応じて、データ処理(計算)をしたカラムを追加する。作成した表は、グラフ作成の基となる。手書きの場合、定規を使って線を引くのが常識である。許可があれば、Excelなどのソフトウェアを使ってもよい。表にはそれぞれ、表1、表2のように番号をつける。各表にはタイトルと簡単な説明をつける。表だけ単独で取り出しても意味がわかるように、見やすくわかりやすい表の作成に努める。「考察」の項で方法などを比較する場合にも、表があると理解しやすい。

#### 5) グラフの書き方

定量的データを視覚的に理解しやすい形にする。表のデータからグラフを作成する事が多い。グラフを書きっぱなしにせず、本文中にきちんと言葉で説明し、グラフからわかる重要な点を記述しなければならない。

手書きの場合、図は定規を使って線を引くのが常識である。許可があれば、Excelなどのソフトウェアを使ってもよい。図にはそれぞれ、図1、図2のように番号をつける。各図にはタイトルと簡単な説明をつける。以下の点を注意すること。

1. グラフ用紙を選択する：方眼、片対数、両対数など。
2. グラフ用紙の全面を使うこと。
3. 横軸と縦軸は何かを書き、単位と目盛りを明示する。場合によっては、必ずしも0から始める必要はない。
4. 点を大きく、わかりやすくプロットする：○、●、△、▲、□、■、×など。
5. 線を描く：散布図、棒グラフ、折れ線グラフ、曲線グラフなど。雲形定規を使うこともある。
6. 「線はすべての点を通らなければならないのか」を考慮すること(6)。線の引き方



が間違っている学生が多く、意味がわからずに Excel など近似をしている。理論的ないしは経験的に直線（または曲線）になることがわかっている場合は、直線（または曲線）を描くべきである。たとえば中和滴定やクロマトグラフィーの場合は不連続に変わることはないので、曲線グラフとなる。

グラフは本文と切り離して、単独で見た場合でも内容が把握できるように書くべきである。手書きであろうが Excel を使おうが、グラフの書き方をみれば、書いた人がどのくらい実験内容を理解しているかが一目瞭然である。実験の基となる原理と理論を理解することは必須である。誰が見ても、グラフの意図がわかるように作成する。

### Ⅲ-6. 考察

実験結果を解釈し、結果についての考察を行う。学生実習レポートの場合はまず教科書などで、実験の目的がどの程度達成されたかを確認し、実験操作の原理などを調べる。（残念ながら、このステップを省略する者が多い。）実験の目的（問い）に対する答え（結論）が考察に書いてなければ、レポート・論文は完結しない。その上で、得られた結果で重要な点は何か、解釈不可能な結果が得られた場合にはその原因等について、各自の考えを論理的に書く。考察は科学的な議論を行うものであるので、観察結果や文献に書かれている根拠を基に、みずから解釈と推論を行う。根拠がなければ、読み手は「そうは思わない」と思うだけで、議論にはならなくなってしまう。

多くの考察すべき点があるのにもかかわらず、たった数行しか考察を書いてない場合も見うけられる。不完全な実験であればあるほど、考察は長くなるはずである。ふつう考察すべき項目は複数あるので、小見出しをつけて、項目ごとに考察を書くのもよい。

#### 1) 言葉づかい

考察において「...と思う」という言葉を見受けることがあるが、これは個人的な考えであり、単なる感想である。レポートや論文は、主観的な考えを述べる「感想文」ではない。理論的根拠に基づいて「...と考えられた」、「...と示唆された」、「...ということが示された」などと客観的に書くのがふさわしい。

#### 2) 実験の基となる理論・原理の理解

学生実習・学生実験で行う実験は、どのような結果が得られるかが予想される実験である。「なぜこの実験結果から、このような解釈が生まれるのか」と、首を傾げなくなるような論理の飛躍が見られることも多い。これは実験の基となる講義内容や理論を理解していなかったり、実験原理や操作についての理解の欠如による。

#### 3) 結果と考察は分けて書く

実験結果とその考察が渾然一体となってしまう場合も多い。結果とその解釈・考察はまったく別のものであり、「どこまでが結果で、どこからが自分の考えか」を区別して書くべきである。「結果」では「(測定値が) ~であるから、~である」と結論づけられるが、「考察」ではたとえば「(教科書での記載が) ~であるから、~であると考えられる」などと推論する。このように考察には、実験結果や文献に載って

いる記載から、自分がどのように考えたかが示される。したがって、参考文献や教科書を引用した場合にも、「どこまでが文献に書いてあることで、どこからが自分の考えか」ははっきり区別して書くべきである。文献として引用せずに、他人の考えを自分の考えたこととして書くことは盗作に当たる。一般的で誰でもが知っていること（公知の事実）、たとえば「DNAはデオキシリボ核酸のことである」について、いちいち引用文献（この例では文献7）を引用する必要はない。

#### 4) だれでもが抱く疑問には答える

実験で得られた測定値が理論値より大きく外れている場合には、なぜそうなったかを考察すべきである。実験データがどれだけ正しいか（データの信憑性）は、**自分の技量の確からしさ、実験方法の妥当性、証明すべき仮説の正しさの順に確認していく**。学生実験では結果が予想されているので、実験操作に問題があったのか、それとも実験方法そのものが原因なのか、根拠を示して論理的に説明することになる。

#### 5) 疑問に対する答えは一つではない

実験得られた結果を解釈する場合、そのような結果になった理由を説明する必要がある。いくつかの可能性が考えられる場合も多い。その場合には可能性を列挙し、実験結果と理論を併せて評価して、どの可能性がもっとも高いかも書くべきである。

### Ⅲ-7. 参考文献

#### 1) 文献の引用について

上述したように、科学の進歩は先人達の業績によっている。したがって、レポート・論文を書く際には、教科書、参考書（単行本）、論文などを必ず引用することになる。学術専門雑誌等に掲載されたオリジナルな内容の論文（原著論文という）や単行本を「一次資料」とよび、オリジナルな情報に基づいて書かれた辞典や辞書などの資料を「二次資料」とよぶ。原著論文をまとめた総説 review についても一次資料とみなす。

参考文献を引用する場合には、ふつう一次資料を引用する。大学の講義で使う教科書や辞典等は二次資料であるが、学生実習のレポートの場合には引用してもかまわない。なお原著論文では、教科書や辞典を引用することはない。

科学専門雑誌における参考文献の引用のしかたは多種多様であり、順番が違ったり、区切り方が違っていることもある。また各学生実習によっても異なる。しかし、いずれの場合でも、下記の項目がすべて含まれることが必要である。

（雑誌） 著者， タイトル， 巻（号）， ページ番号， 発行年

（単行本） 著者（訳者）， タイトル， 書名， 引用ページ番号， 出版社， 発行年

本文中での参考文献の参照のしかたも、括弧や上付きなどさまざまであるが、引用した直後か、引用した文の終わりで参照するのが基本である。初出した順番に通し番号をつけることが多い。（具体例は、この冊子中にもあるので、参照のこと）

例1（日本語）：考察で、以下のように記述したとする。

このキノコは猛毒で、食べると手足がしびれ、死ぬこともある（1）。

参考文献では、以下のように書く。

1) 矢萩 信夫. キノコ. pp. 103–108, ニュー・サイエンス社 (1997).

例 2 (英語): The 3'-untranslated region of the mRNA is believed to be involved in posttranscriptional regulation of mRNA stability<sup>2</sup>.

2. Kleinert H, *et al.* Regulation of the expression of inducible nitric oxide synthase. *Eur J Pharmacol* 2004; **500**: 255–266.

自然科学の場合、参考文献の引用は1～2文のことが多く、パラグラフ全体の引用をすることはほとんどない。また引用する場合には、**自分の言葉で書く**ことが大切である。一言一句同じく文章を引用する必要はない。

## 2) ホームページの引用について

参考文献として、ホームページの引用は認めない。なぜならインターネット上の情報は変更や削除が頻繁に行われ、記述の正確さを検証することが難しいためである。無料で自由に閲覧できる Wikipedia などのインターネット百科事典は匿名の著者によって書かれており、情報の正確さ、客観性、信頼度に重大な問題がある。大きく間違った記載を、専門外の初学者が鵜呑みにしてしまう危険性がある。一方、辞典・辞書や教科書は専門家が執筆し、誤字脱字を含めた内容の校訂を経て、情報について一定の品質を保っている。(そのため有料である。) 原著論文も peer review を受けた後に始めて掲載されるものであり、科学的に信頼できる内容であり、一定の質を保っている。仮に間違いがあれば後日、誌面で修正される。もし他研究室で実験結果が再現されず、内容に重大な問題がある場合にはその論文は取り消しとなり、雑誌の出版記録から論文内容が抹消される。

ホームページ引用の例外として、核酸配列データベースなどの公共データベースがある。例えば DDBJ/EMBL/GenBank の DNA データベースはあまりにも膨大で、通常の媒体には収まらないためであるが、日本、EC および米国の公共データベースとして国際的な連携の下、DNA の配列情報の管理と維持を行い、非常に信頼性の高いものである。(まったく間違いがないことは意味しない。)

どの本を調べたらよいかを調べるために、二次資料としてのホームページ利用は禁止はしないが、まず「生化学辞典」(8)などの**辞典等を最初に読む**ことが大切である。そして、断片的な理解とならないよう、体系的に書かれている**教科書や参考図書**を直接、読むべきである。

## Ⅲ-8. 課題

学生実習では実験内容の深い理解を促すために、課題を課すことがある。課題は教育的見地から学生実習のレポートに追加されているものであり、論文に含まれることはない。したがって課題は考察の後にページを改めて書き、**考察と課題を混ぜこぜにして書くことは避ける**。

課題は、学生実習の内容から発展・派生した内容である。したがって、単に知っているかいないかを問うようなことはなく、論理的な思考を求める。Open question である課題の場合、必ずしも正解がなかったり、複数の正解があることもある。課題は科学的な質問すなわち「疑問」であり、レポートでは「回答」を出さなければならぬ

い。調べてもよくわからなかったためか、課題の求めていることと違うことを延々と書いたり（はぐらかし）、似て非なる例について書いたり（すりかえ）しているレポートがよく見られる。これは、科学者としての反則である。

## IV. してはならないこと

インターネット上の情報の信頼度については上述した通りであるが、インターネットからの丸写し copy and paste は決して行ってはならない。インターネットに限らず、本などからの引用でも、引用先を明示せずに多くの情報を丸写しする行為は「引用」とはよばない。盗作であり、剽窃（ひょうせつ）である。言い回しだけでなく、誤字脱字まで同じになることから、このような行為はすぐ露見する。

先輩や友人のレポートを丸写しする行為も同類である。辞典や教科書も読まずに、無批判にコピーすることは自分自身の勉強にもならない。真面目にレポート作成に取り組むことが、諸君の将来を明るくする。

## V. その他の注意

### V-1. 論文・レポートの基本形式の習得

上述した「各項目の書き方」は、世界中の自然科学者の中で標準と考えられている基本形式である。この形式に沿えば、だれでも論理的な思考過程を追う（トレース）することが可能で、もう一度、（成功であろうが、失敗であろうが）実験内容を再現することができるはずである。すぐには良いレポートを書くことはできないが、レポートを繰り返して書く練習と毎日の努力が常に必要である。またレポートや論文を書いて、客観的な事実と自分の考えをわかりやすく伝えることは、会社における「報告書」とも共通する部分が多い。

### V-2. 実験ノートの大切さ

実験操作や測定機器等の操作に習熟することは、再現性の高い、良い研究を行うための根本である。そのためには実験の目的と内容（流れ）を把握することが必須であり、実験ノートに実験の計画を書いて、実験内容をしっかりと記録しながら実験を行うことが重要である。実際の研究においては、ふつう次のような手順で行う。

1. 事前に、試薬の調製法や具体的な実験操作を含めた実験プロトコルを実験ノートに書く。フローチャートや測定値を書き込む空欄の表を作成しておいてもよい。
2. 実験ノートを見ながら実際の実験を行う。加えた試薬や、行った操作については確認のためのチェック（✓）を入れる。操作のし忘れが、実験の失敗の第一原因である。
3. もし操作を変更した場合には、別の色（赤のボールペンなど）で書き込む。

4. 測定値の結果などを書き込む。変わったことがあったら、その所見も書く。
5. 解釈と考察を書き、次にどのような実験を行うかを自ら考える。教員等と議論して、その結論を日付入りで実験ノートに書き込む。

卒業研究以上の実験ノートとして最近では、各ページに日付欄とページ番号（通し番号）入りの「ラボノート」（生協の売店でも売っている）が使われることが多い(9)。

### V-3. 清潔な環境について

生命科学の研究においては、明快な (clear-cut) 結果はきれいな (clean) 実験室から生まれる。レポート等における実験過程や思考過程においての明快さだけでなく、清潔な環境での実験は極めて大切である。試薬等で汚れたピペットマンを使って、大腸菌がこびりついた実験台や床で実験することが平気であるならば、まともな研究はできない。たとえば、PCR (polymerase chain reaction) 法は、一分子の DNA を目に見える量 (数  $\mu\text{g}$  程度) にまで増幅することができる。誤ったピペットマンの操作で発生するエアロゾールには、DNA が混入しうる。ほんのわずかの汚れが DNA の混入をもたらす、間違った実験結果に結びついてしまう。また細胞培養や動物を用いた実験においては、雑菌の混入を防ぎ、清潔な環境を作ることは必須である。器具を清潔に保ち、実験台や床の掃除をすることも、再現性の高い実験のために極めて大切な条件である。

### 参考文献

1. 佐藤 望ら. アカデミック・スキルズ—大学生のための知的技法入門. 慶應義塾大学出版会 (2006).  
注：文系のための論文・レポートの書き方の本ではあるが、科学的記述についての興味深い記述が多く、非常に参考になる。
2. マタイによる福音書. 新訳聖書. 7章 7-8 節.
3. 大辞林 第二版. 三省堂. (1995).
4. プラトン (著), 久保 勉 (翻訳). ソクラテスの弁明・クリトン. 岩波書店 (1964).
5. (財)国語作文教育研究所 作文研 ホームページ (閲覧日 2010年8月13日)  
<http://www.miyagawa.tv/index.html>
6. 小野 文一郎. 生命医科学微生物学実験レポート講評 グラフの書き方編. (2009).
7. Watson JD, Crick FH. Molecular structure of nucleic acids; a structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature*. 171:737-738 (1953).
8. 大島 泰郎ら. 生化学辞典 第4版. 東京化学同人. (2007).
9. 岡崎 康司, 隅藏 康一 (編集). 理系なら知っておきたいラボノートの書き方. 羊土社. (2007).  
注：自然科学の研究においては、すべてのページに番号がふってあり切り離すことができない「ラボノート」が使われるようになった。発明や発見にかかわる知的所有権の見地から、ラボノートが頻用されるようになるであろう。
10. 小笠原 喜康. 新版 大学生のためのレポート・論文術. (現代新書 2021). 講談社 (2009).  
注：レポートと卒業論文の書き方のマニュアルで、かなり実際的なことが書いてある。

参考になるが、文系向けの本である。文献の集め方について詳しい。

11. 木下 是雄. 理科系の作文技術. (中公新書 624) 第 66 版. 中央公論社 (2009).

注：理科系の研究者や学生のために書いた古典的な名著。学部生レベルでは難しいが、大学院生以上では役に立つ部分が多い。内容には古いところもあるが、本質的な点では変わっていない。

## 補足：レポートのチェックリスト

No.	項目	内容	チェック
1	筆記用具	消しゴム等で消えないもので書かれているか？	
2	表紙	表紙はついているか？ 実験タイトルや名前などの必要事項は書いてあるか？	
3	文の時制	過去形で書いてあるか？	
4	序論	実験の目的は書いてあるか？	
5	材料と方法	実験方法・条件について要点をまとめてあるか？	
6	結果	実験項目ごとに分けてあるか？	
7	結果	表やグラフについての説明と結論が、本文中に書いてあるか？	
8	表	表の番号、タイトル、簡単な説明がついているか？	
9	表	測定値のみでなく、直接導かれるデータも記入されているか？	
10	グラフ	グラフの大きさと、縦横のバランスはよいか？	
11	グラフ	グラフの番号とタイトルがついているか？	
12	グラフ	縦軸と横軸は何か書いてあるか？	
13	グラフ	縦軸と横軸の単位と目盛が書いてあるか？	
14	グラフ	プロットした点は大きく、見やすいか？	
15	グラフ	正しく線が書けているか（直線、曲線、折れ線）？	
16	考察	教科書を読んで実験原理を調べ、目的がどの程度達成されたかを確認したか？	
17	考察	結果と考察が一緒になっていないか？	
18	考察	実習書で示されたことについて考察しているか？	
19	考察	考察すべき項目ごとに分けて書いてあるか？	
20	考察	推論の根拠（実験結果、文献の記載など）が示された上で、自分の推論を行っているか？	
21	考察	予想より大きく外れた値について考察しているか？	
22	参考文献	インターネットのホームページ等から引用していないか？	
23	参考文献	文献は正しく引用されているか？	
24	参考文献	本文中に（引用先を示してあった場合でも）、文献・参考書の長い記述を丸ごと引用していないか？	
25	課題	考察と課題とページを分けてあるか？	
26	課題	課題には適切に答えたか？	