小山工業高等専門学校研究紀要
第 43 号（2010） 179－184

分析化学実験及び情報処理実習における データ処理能力向上の試み

出川 強志*1，渥美 太郎*2，田中 孝国*2

An Attempt for Improving Data Processing for Experiments of Analytical Chemistry and information Processing Practice

Tsuyoshi DEGAWA, Tarou ATSUMI, Takakuni TANAKA

There is much data processing that is not based on statistical knowledge in the report of experiments of analytical chemistry and is seen and lacks the training of the data processing of student experiments in the information processing practice.

And then we perform a mutual cooperation for experiments of analytical chemistry and information processing practice. We report an attempt for improving data processing for experiments of analytical chemistry and information processing practice.

KEYWORDS : report , experiments of analytical chemistry , statistical knowledge, information processing practice, mutual cooperation, an attempt for improving data processing

1. まえがき

実践的技術者の養成を目指す高専の化学系の学生育成において、分析化学実験は定量的な実験の考え方及び測定技術の基礎を習得するのに最適の科目である。また実験で得たデータの取り扱いには、統計的知識に基づいたデータ処理の能力が求められており、これを行う情報処理実習の過程も必須である。

本校物質工学科においても、分析化学実験[1)]は２年生に、情報処理実習は１年生に導入されている。しかし分析化学実験のレポートにおいて統計的知識に基づかないデータ処理が多く見られ、１年生の情報処理実習においてのデータ処理実習の経験が生かされていないことが多い。またこの傾向は２年生の分析化学実験のみならず高学年の各種実験（３年物質工学実験、４年材料化学実験）の実験レポートにおいても見受けられる。

これらの実験データの扱いに不慣れなことは、

*1 技術室(Technical Office) E mail : degawa@oyama-ct.ac.jp
*2 物質工学科(Dept. of Materials Chemistry and Bioengineering)

学生が２年生の分析化学実験で初めて定量的なデータの扱いを経験し、１年生の情報処理実習で習得したデータ処理技術の実際の実験への応用に不慣れであること、分析化学実験の限られた時間内において指導者がデータ処理について系統だって何度も繰り返し指導することに時間上制約があること、学生の実験技術は未熟であり測定データのばらつきが大きくデータ処理に困難をともなうこと、天秤など測定機器や器具の個数の制限により測定回数が少なく統計的に有意な度数の測定が困難であり、またその測定回数の少なさが実験技術の向上を妨げていることなどが原因として考えられる。

解決には基礎的なデータ処理技術の復習、低学年からの実際の実験に即した応用的なデータ処理技術の習得および実験環境の整備と実験技術の向上による精度の向上とこれによる実験データ数の増加が求められる。

同時に情報処理実習においては、教材に提示されている模擬データを用いデータ処理の実習を行っており、棄却データを含みばらつきが大きい実際の学生実験データのデータ処理への実習が不足している。

そこで２年生の分析化学実験において学生が実際に得た実験データを１年生の情報処理実習において扱うことにより、１年生の情報処理実習においては、現在行われている模擬データを用いたデータ処理に加え、棄却データを含むばらつきの大きい実際の学生実験データのデータ処理実習を行い応用的なデータ処理能力の向上を目指したい。

２年生の分析化学実験においては、機器の補充を伴った実験環境の整備を行い、これによる測定回数の増加により、測定データ量の増加及び実験技術の向上を図る。レポート作製においては１年生で身に着けた測定データ処理をさらに重ねることにより、統計的知識に基づいたデータ処理の理解を深めたい。これにより実験技術及びデータ処理技術の向上を目指したい。

この提案の目的は２つの科目の相互協力により、分析化学実験技術及びデータ処理技術の全体的な向上を目指し、物質工学科高学年の各種測定技術及びデータ処理技術の全体的な向上への道筋をつけるものである。

２００８年度はこの研究の準備的段階として２年生分析化学実験の容量分析実験において得られた滴定データを記録してそのばらつき等を、標準偏差値として算出し報告した。[2)]

２００９年度は２年生分析化学実験の容量分析実験において得られた滴定データを、１学年下の１年生の情報処理実習のデータ処理実習に用いこれを報告した。[3)] ２０１０年度は２００９年度と同様に２年生分析化学実験の容量分析実験において得られた滴定データを、１学年下の１年生の情報処理実習のデータ処理実習に用いた。これは２００９年度で情報処理実習を履修した１年生が２年生になることで今度は１年生に実験データを提供する立場となる。今回１，２年生両方でアンケートをとり、検討したのでこれを報告する。

２．方法

２．１　分析化学実験

現在、分析化学実験は物質工学科２年生において１年間履修される。定量分析として容量分析(酸塩基滴定、酸化還元滴定、沈殿滴定、キレート滴定)及び測定に用いる器具（ホールピペット、ビュレット）の公定校正[4)]を行い前期後期あわせて２５テーマほどの実験を行う。通常テーマ内容の関連性により１～３テーマをまとめて１通のレポートとし年間１２通程度のレポート提出を義務付けている。実験は下記の形式で行っている。

１クラス４０人前後を３～４人１組の班１０班に分けて、全員で１つのテーマの実験を行う同時実験を行っている。容量分析実験ではまず標準試薬を分析天秤で秤量し標準液を作製する。また測定試料も秤量後、ホールピペット、メスフラスコを用いて希釈試料溶液を作成する。標準液で希釈試料溶液を滴定し、この滴定値をデータとする。滴定値を算術平均し平均値をとった後、これを用いて計算式より資料溶液中の目的元素の濃度を算出する。また測定器具の公定校正では、２５ｍｌホールピペットの校正及び５０ｍｌ活栓付きビュレットの校正を行っている。これはＪＩＳにおける化学分析法通則　Ｋ　００５０に記されている方法に準拠した。

図１　ホールピペットの操作

図２　容量分析における試料溶液

図３　滴定作業

２．２　データ収集

容量分析においては一人当たり１～２回程度の滴定実験を行い最終的に１班あたり有効数字４桁の測定値が３値以上得られる。２０１０年度は毎回の測定結果全てを、班ごとに配布されたデータシートに記録させた。このシートには実験番号、班番号及び班員の出席番号が記されており、誰がどの実験を行ったかが判別できる。これには実験条件（測定日、測定時刻、室温、気圧、湿度、天候）を記させた。また実験上の希望を書かせる欄を設けてあり、意見、要望、感想などがあった場合、その欄に記入させた。また器具の校正実験ではＪＩＳのやり方に準じて５０ｍＬビュレットに純水を入れて０→５ｍＬ、０→１０ｍＬ、０→１５ｍＬ・・・０→５０ｍＬまでの容量を測定し、容量分析と同じデータシートに記入させた。

2C 分析化学実験

実験番号		班番号		班員		
滴定量（ml）	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回	第6回

実験条件	測定日	測定時刻	室温（℃）	気圧（kPa）	湿度（%）	天候

実験上の希望　〔意見、要望等〕

図４　データシート（部分）

２．３　データ処理実習

情報処理実習でデータ処理実習に用いる実験データは今回データ収集した分析化学実験の器具校正実験１テーマと酸塩基中和反応実験３テーマから用いた。表１に実験テーマを記す。

表１　実験番号および実験テーマ

実験番号	実験テーマ
なし	５０ｍＬビュレットの公定校正
実験２	０．１ｍｏｌ／Ｌ塩酸標準液の調整と評定
実験３	０．１ｍｏｌ／Ｌ水酸化ナトリウム標準液の調整と評定
実験５	水酸化ナトリウム・炭酸ナトリウム混合物の定量（ワーダー法）

ここで得られた測定値（校正実験における純水の体積および質量、容量実験における滴定値）を情報処理実習において実験データ処理実習に使用した。実習前に実験テーマごとにテキストを用い実験概要を説明した。これはテーマ名、実験目的及び滴定反応中における反応式を提示し実験内容を説明したものである。また実際に実験器具を見せて使用方法を演示し、学生にも操作を行ってもらった。このデータ処理実習を行った時期であるが、１年生の実験科目である「基礎化学実験」において酸塩基の中和反応滴定実験を行った時期にあわせて行った。これは２年生の分析化学実験と同内容の簡易実験であった。これらにより深い内容理解の上でのデータ処理実習を心がけた。データ処理はビュレットの校正においては目盛体積とそのときの純水の質量より補正量を導き、最小自乗法によりビュレットの検量線を作成させるものである。また実験２，３，５においてはテーマごとの複数（３～５個）の実験値について平均値、正の誤差、府の誤差を算出し、これより誤差の検討[5]を行わせた。

２．４　学生へのアンケート

分析化学実験において実験が終了後、アンケートを実施した。これは去年彼らが１年生のときに行った「基礎化学実験」の中で行った中和滴定実験を覚えているかどうか、また２年生になったときの分析化学実験のレポート作成の際1年生時に履修された情報処理実習が役立ったかどうか確かめるために行ったものである。以下に設問、回答項目及び回答数を記す。回答数はアンケート指示に従わず回答した者があり、回答者数と合致しないが全て記載した。（４０人中３９人回答）

設問１．１年生の化学基礎実験において実験４（食酢中の酢酸の定量実験）と同様の実験を行ったことを覚えていますか。

表２　設問１の回答結果

回答項目	２年生回答者数（人）
よく覚えている。	２
覚えている	１５
あまり覚えていない	１９
全く覚えていない	３

設問１は１年前に行った実験にもかかわらす回答者の４５％程度が覚えていた。なお当初はこの実験データも実習に用いる予定だったが割愛した。

設問２．（設問１で１、２を選んだ人）昨年度より内容が理解できましたか。

表３　設問２の回答結果

回答項目	２年生回答者数（人）
よく理解できた。	５
理解できた	１１
あまり理解出来なかった	３
全く理解できなかった	０

設問２は設問１において覚えていた学生に対する実験の理解度への調査であり、１ 年次と同じ実験を２年次にやることによる学習効果向上の調査である。これは回答者の８０％以上が理解度を増しており、実験内容理解のためには非常に有効な方法であることを示している。

設問３．１年生時履修の情報処理実習において２年生が提供したこれらの実験データ（実験２，３，５）を使用してデータ処理実習をしたことを覚えていますか

表４　設問３の回答結果

回答項目	２年生回答者数（人）
鮮明に覚えている。	１０
覚えている	２６
あまり覚えていない	３
全く覚えていない	０

設問３は１年生の時の情報処理実習において２年生の実験データを使用したことを覚えているかとの調査であるが、回答者の９０％程度が覚えており、関心の高さを示している。

設問４．１年生の情報処理実習においてこれらの実験データ（実験２，３，５）を使用してデータ処理実習をしたことが今回の分析化学実験のレポートにおいてデータ処理の理解に役立っていますか。

表５　設問４の回答結果

回答項目	２年生回答者数（人）
非常に役立っている。	2
役立っている	5
あまり役立っていない	２９
全く役立っていない	3

設問４は本研究の大きな目的でもあるが、役立っていないとの回答が多く回答数の７０％以上となった。本アンケートでは役立っていないと答えた学生に対してその理由を聞いておらず、原因究明のために今後はアンケート様式の変更の必要性がある。

設問５（設問４で１、２を選んだ人）どのように役立っていますか具体的にかいてください。　（複数回答可）

回答

- その時（1年生の情報処理実習と）同じようにデータ処理が出来た。
- 気が引き締められた
- 実験で得られた数値の処理の仕方が理解しやすくなった。
- グラフや図の描き方の例がわかった
- 計算することで mol(の)計算が出来るようになった。
- データの妥当性や誤差の計算などが実験の考察をする際に役立っている。
- 有効数字の計算に役立ったと思う。

設問６．（設問４で１、２を選んだ人）今回の実験において得られたデータが現在の１年生のデータ処理実習に使用されることを知って実験操作になんらかの影響をうけましたか。

表６　設問６の回答結果

回答項目	２年生回答者数（人）
非常に影響を受けた。	0
影響を受けた	6
あまり影響を受けていない	6
全く影響を受けていない	4

設問６においては、２年生に実験前に分析化学実験データが１年生のデータ処理実習に使用される旨を説明していた。回答者の３０％程度は影響を受けている。

設問７（設問６で１、２を選んだ人）受けた影響はどんなことですか。具体的にお書きください。（複数回答可）

回答

- 慎重になりすぎて操作が遅くなった。
- 実験に責任感を持った。
- 緊張してしまった。
- 気が引き締められた
- 正確な実験を行おうと思った。
- 誤差を小さくするようにしたいと思った。

設問７では概して、実験操作上好ましい影響が多かった。これは自分の実験データが公開されることに対する責任感の萌芽であると思われる。

設問８．最後に分析化学実験やレポートにおけるデータ処理などにおいて気づいたことがありましたら書いてください。（複数回答可）

回答

- f(ファクター)やｇ（質量）の違いでデータが大きく変わってしまう感じがした。
- 標準偏差などの記憶があいまい。
- 情報処理で学習したことをどこでつかうか分からない。
- １年のとき情報の授業で当時の２年生のデータを利用して情報処理したのは覚えているがどのようにデータ処理を行ったかを覚えていないので意味がないと思う。

設問８は全体の感想であるが、情報処理実習で学んだデータ処理技術が実際の実験レポート作成には活用されていない意見が多く、今後の検討課題である。

集計結果によると学生は１年生で行った学生実験や情報処理実習について覚えていたが、分析化学実験のレポート作成に役立つと感じた学生は少なかった。このことは１年生の滴定実験の内容理解の手段として有効であるが、分析化学実験レポートを作成する上で習得したはずのデータ処理技術を活用しておらず、アプローチの再考を要することを示している。

また情報処理実習においても学生アンケート

を実施した。これは事前に行った分析化学実験の概説や、分析化学実験に使用する器具使用方法の演示が情報処理実習のレポート作成に役立ったかを確かめるために行ったものである。

以下にアンケートの質問、回答項目及び回答数を記す。(40人回答)

設問１．データ処理実習に用いた分析化学実験の説明が、情報処理実習の報告書作成において参考になりましたか。

表７　設問１の回答結果

回答項目	１年生回答者数（人）
非常に参考になった	5
参考になった	２９
あまり参考になっていない	5
全く参考になっていない	1

設問１．(設問１で１、２を選んだ人）報告書作成において具体的にどこが参考になりましたか。(複数回答可)

表８　設問２の回答結果

回答項目	２年生回答者数（人）
数値計算	２２
表作成	１３
グラフ作成	１６
その他	２０

その他（抜粋）

- 報告書を書く時に実際に実験を見たのでイメージしやすかった。
- ビュレットを実際に見て説明を受けたのですが扱い方の説明になっていただけで意味がなかったようにおもいます。
  （以下略）
- 例題をもう少しふやしてくれると作業がスムーズに進むと思った。
- 先に器具の説明があったので誤差はどのくらいかなど、見当をつけながら計算できたので分かりやすかったです。
  （以下略）
- 用語の説明などが書いてあったので考えやすかった。
- 計算の時公式をどう使えばいいかわかりづらかった。

集計結果によるとかなりの学生が学生実験の概要説明および事前に行った学生実験に使用する器具の説明が情報処理実習のレポート作成において役立つと感じており、具体的には満遍なく役立ったが、特に数値計算に参考になったことがわかる。しかし例えば自由意見の中に、公式をどう使えばいいかわかりづらかった、器具の扱い方は意味がない、というものもあり、器具操作の演示の仕方や説明の仕方に工夫が必要であり、今後の検討課題である。

３．あとがき

今回の分析化学実験のデータ収集及び情報処理実習のデータ処理実習への活用は昨年度に引き続き２年目であり、学生へのアンケートを実施してその影響を調べた。その結果２年生分析化学実験の内容の理解および情報処理のレポート作成などにおいては一定の効果が認められたが、本研究の大きな目的である情報処理実習でのデータ処理の実験レポート作成への活用の面で役立っていないとの回答が大きな割合をしめた。より詳細な分析が必要であり、そのためにはアンケート項目の工夫や提出レポートの調査などの対策を通じ、２科目間の相互協力のあり方に検討に講じる必要がある。今後もこの研究を続けて行きたい。

４．謝辞

紀要を記すにあたり小山高専物質工学科糸井康彦教授および川越助教に教えを頂いた。謝辞を記したい。

参考文献

1) 浅田誠一、内出茂、小林基宏：図解とフローチャートによる定量分析[第二版]，技報堂出版(1998)
2) 小山高専技術室：2008年度技術室年報
3) 小山高専技術室：2009年度技術室年報
4) 日本分析化学会編：分析化学実験ハンドブック，丸善（1987)
5) 平井昭司監修，日本分析化学会編：現場で役立つ化学分析の基礎，オーム社（1996)

[受理年月日　2010 年 9 月 30 日]