

# 実験器具補充カード情報の傾向からみた

## 学生実験指導の検証

北原香織（鶴見大学・鶴見大学短期大学部）

### 1. 本発表の目的と課題

P 大学理系学部 C 学科の学生実験においては、学生が実験中に器具を紛失または破損した際に、学生本人が実験準備室に「器具補充カード」（以下、「カード」と記す。）を届け出ることで、新しい器具を受領して実験を続行するシステムとなっていた。実験準備室では、このカードを元に学生を特定して器具を交付し、実験終了後に器具を発注する際の数量を把握することのみに使用しており、実験指導に活用することは想定されていなかった。

これまで、器具を発注した後に廃棄していたカード情報を集計・分析・可視化することで、担当教職員の間で経験的に言われていた事象を明らかにすることや、学生への実験中の注意喚起等、授業改善に活かせるかについて検証した事例を紹介する。

### 2. 方法

#### 2-1. 学生実験の概要

学生実験は C 学科 3 年生を対象とし、春学期に無機化学実験、有機化学実験、秋学期に応用化学実験、高分子バイオ実験の 4 科目（必修）を開講していた。実験は火・木の週 2 回、3～5 限に行われ、各 1.5 単位の合計 6 単位を修得できた。カリキュラムは 4 学期制に対応しており、春学期の 4～5 月は 1 期（1 Q）、6～7 月は 2 期（2 Q）になっていた。

春学期の学生実験の履修については、3 年生を半々の組に分け、学生番号前半の組は 1 Q に無機化学実験（10 回）を履修し、学生番号後半の組は有機化学実験（10 回）を履修した。2 Q では、1 Q で無機化学実験を履修した組は有機化学実験を履修し、有機化学実験を履修した組は無機化学実験を履修した。

学生は 2 名のペアで実験を行った。ペアは実験準備室で学生番号順に機械的に作成した。実験科目ごとにペアをシャッフルし、4 つの科目で全て別の学生とペアを組むようにした。

表 1 学生実験の履修科目の組み合わせ（17 名×6 組+18 名×2 組=138 名の例）

学期	A01～17	～A34	B01～17	～B34	C01～17	～C34	D01～18	～D36
1 Q	無機 1	無機 2	無機 1	無機 2	有機 1	有機 2	有機 1	有機 2
2 Q	有機 1	有機 2	有機 2	有機 1	無機 1	無機 2	無機 2	無機 1
3 Q	応用 1	応用 2	高バ 1	高バ 2	応用 1	応用 2	高バ 1	高バ 2
4 Q	高バ 1	高バ 2	応用 2	応用 1	高バ 1	高バ 2	応用 2	応用 1

138 名を 8 組に分けて 2 名ずつのペアを作った。学生数に応じて、実験台 1 台につき 1 班 6 名～8 名になるように調整した。表 1 より、1 Q の無機化学実験では無機 1 が割り当てられた 2 つの組（A 組, B 組）から（A01, B01）、（A02, B02）、（A03, B03）、（A04, B04）の 8 名 4 ペアを作成して、第 1 班とした。次に、（A05, B05）から（A08, B08）までを第 2 班とし、第 9 班まで作成した。2 Q の有機化学実験では B 組の後半の学生からペア作成

を行い、(A01,B18) … (A04,B21) の8名4ペアを第1班として第9班まで作成した。1Qの有機化学実験及び2Qの無機化学実験についても、残りの2つの組(C組,D組)より同様の方法で第9班まで作成した。

無機化学実験はA-1～8までのテーマ設定があり、テーマごとに実験台が割り当てられていた。したがって、毎回8テーマが実施され、学生は毎回実験台を移動して実験を行った。これに対し、有機化学実験は有機合成の連続するB-1～10のテーマ設定があり、実験場所を固定して実験を行った。半数の班はB-1から、残りの班はB-6から実験を開始した。このため、有機化学実験では1日あたり2テーマの実施になり、複数の班において同じタイミングで器具の破損や実験操作の相談がある等の特徴がみられた。

## 2-2. 器具補充カードの仕様

カード(図1)には、日付、実験テーマ、学生番号、器具名、数量を記載する欄があった。学生からは、カード情報が成績に与える影響について問い合わせが時々あった。実験準備室からは、窓口に学生が多数並んだ時に、交付する学生と器具を取り違えないように利用するのみで成績には影響しないこと、実験中の怪我や不慮の事故を防ぐため、軽微な亀裂であっても、気づいた時点で遠慮せず申し出ることを伝えていた。

器具補充カード		
日付/実験テーマ	4月17日	B-2
学生番号	A11	
器具名	ビーカー 100mL	
数量	1	

図1 器具補充カード

## 2-3. 仮説

学生が窓口に来るタイミングや時期に波があること、窓口に頻繁に来る学生の名前を覚えてしまうことがあった。教職員の中では、「連休前・連休中は早く帰りたいから実験終了後の片付けに焦りがみえる」「夏場は集中力が途切れるのか器具の破損が多い」「申告件数に個人差がある」「有機化学実験は器具がよく壊れる」等の説があった。

## 2-4. 1Qの分析と学生指導

カードに記載された日付、実験テーマ、学生番号、器具名、数量の他、学期を加えて1レコードとし、データベース化して、授業回ごとのカード申告件数の分布を作成した(図2)。また、器具補充に要する費用を実験器具(表2)ごとに算出した。

図2より、実験第1回目が一番件数は少なく、有機化学実験のテーマ展開から、第1回目(テーマB-1、B-6)から5回目(テーマB-5、B-10)までの1セット、6回目(テーマB-6、B-1)から10回目(テーマB-10、B-5)までの1セットで考えると、周期的な分布がみられた。図2(右側)より、テーマB-6から開始した組では第7回目のテーマB-2で件数が増加していることから、実験テーマによる特性であって、連休とは無関係であることが示唆された。このとき、テーマB-2の器具補充が追い付かず、実験準備室の在庫が急減したことから、担当教員に器具の取り扱いについて指導をお願いした。次の回の実験から、指導を受けた組の申告件数は減少した。

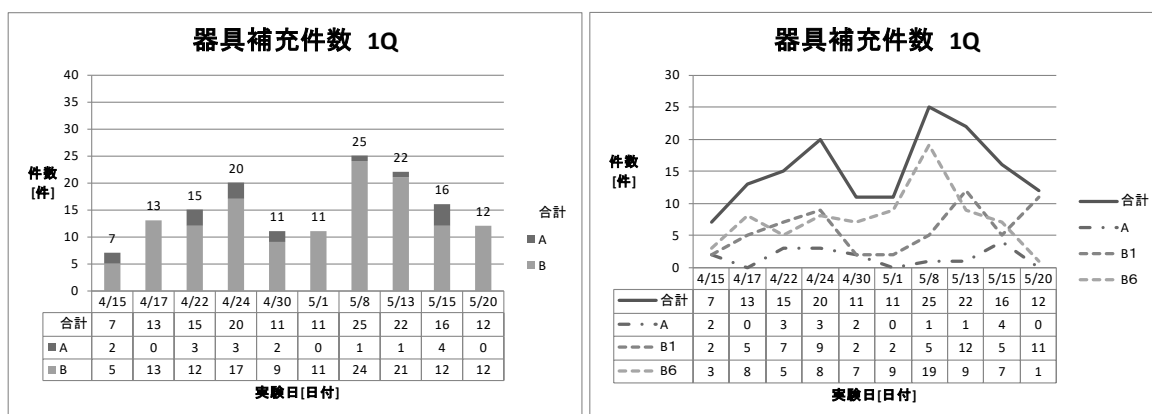


図 2 件数の分布（1Q）

1Qの終了後に図2及び表2を学生実験室内に掲示したところ、学生からは「実験実習費増に影響することも考えられるため、器具の取り扱いに気を付けたい」、教員からは「学生の指導に活かそう」という声が聞かれた。特に、リービッヒ冷却管は有機化学実験の複数のテーマで利用するが、発注から納品までに少なくとも3週間を要することに加えて高額であることから、担当教員に相談して、2Q実験開始時の学生へのレクチャーの際にも、ガラス器具の取り扱いに関する注意喚起をお願いした。

図2及び表2の掲示ののち、研究室に配属された4年生から「破損した器具の中で利用できるものがあれば引き取りたい」との問い合わせが来るようになった。さらに、実験の終了時にTAも持ち帰るようになった。これにより、実験室からの廃棄物は減少した。

表 2 器具ごとの件数と補充費用（抜粋）

商品名	単価	器具を補充した数		費用			
		合計	内訳		合計	内訳	
			1Q	2Q		1Q	2Q
駒込ピペット 2mL	¥200	23	13	10	¥4,600	¥2,600	¥2,000
三角フラスコ 50mL	¥490	21	9	12	¥10,290	¥4,410	¥5,880
メスシリンダー 50mL	¥1,160	20	6	14	¥23,200	¥6,960	¥16,240
ビーカー 100mL	¥300	18	7	11	¥5,400	¥2,100	¥3,300
ビーカー 300mL	¥420	16	5	11	¥6,720	¥2,100	¥4,620
ガラス棒	¥150	15	6	9	¥2,250	¥900	¥1,350
リービッヒ冷却管	¥5,250	15	7	8	¥78,750	¥36,750	¥42,000

## 2-5. 1Qと2Qの比較

カードの申告件数は、1Qが計152件、2Qが計193件であり、1Qと比べて2Qは1.27倍の申告があった。1Qと2Qでは履修する学生が異なっており、有機化学実験の器具の取り扱いの注意喚起を行っていても、2Qにおける破損件数は増加していた。

2Qにおける授業回ごとのカード申告件数の分布を比較した(図3)。なお、2Qの分布には、1Qの合計件数の折れ線グラフを追加した。2Q開始直後から、1Qよりカード申告件数が増加傾向にあるため、再度注意喚起をお願いした。2Qの後半は、1Qより減少傾向がみられたものの、最終回のカード申告件数は増加した。最終回は、TAとともに丁寧に器具チェックを行ってから終了するため、申告件数が増加したと考えられた。

6月下旬の2回(6/24、6/26実施分)は1Qの実績を下回っていた。実験室内は火気や

湯浴を使用するなど、蒸し暑く感じられる環境であったが、後半のカード申告件数は減少した。

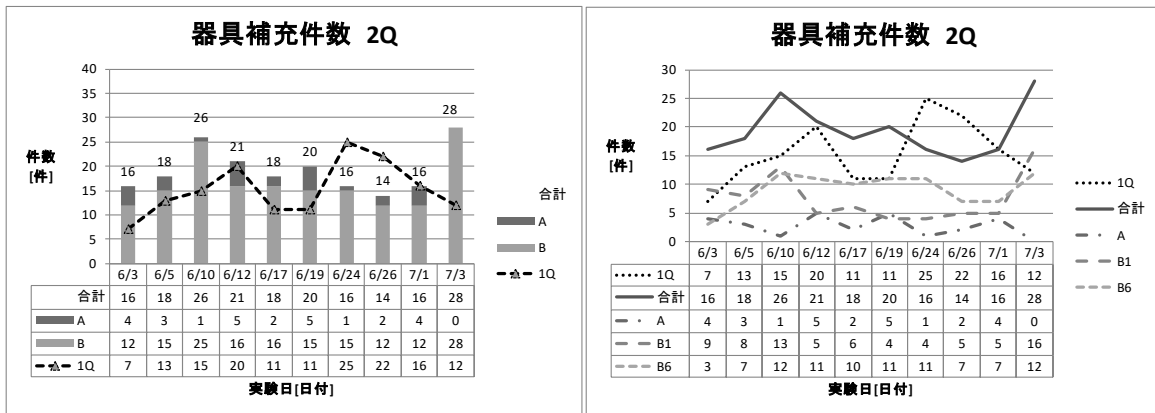


図 3 件数の分布（2Q）

### 2-6. 学生ごとの比較

履修者数 138 名に対し、春学期のカードの申告件数は計 345 件であり、1 名あたり平均 2.5 件の申告であった。個々の申告状況については、成績に影響しないため、実験ペアのうち手の空いている学生がカードに記入していることも考えられた。個々に評価することは適切ではないため、実験ペアとして整理した。1 Q と 2 Q において計 138 ペアで、履修者数は偶数であるため実験ペア数と一致し、カード申告件数も同様に平均 2.5 件であった。それぞれの分布を比較した場合、実験ペアの分布については 2 名の件数が合算されるため、分布は緩やかになった（図 4）。

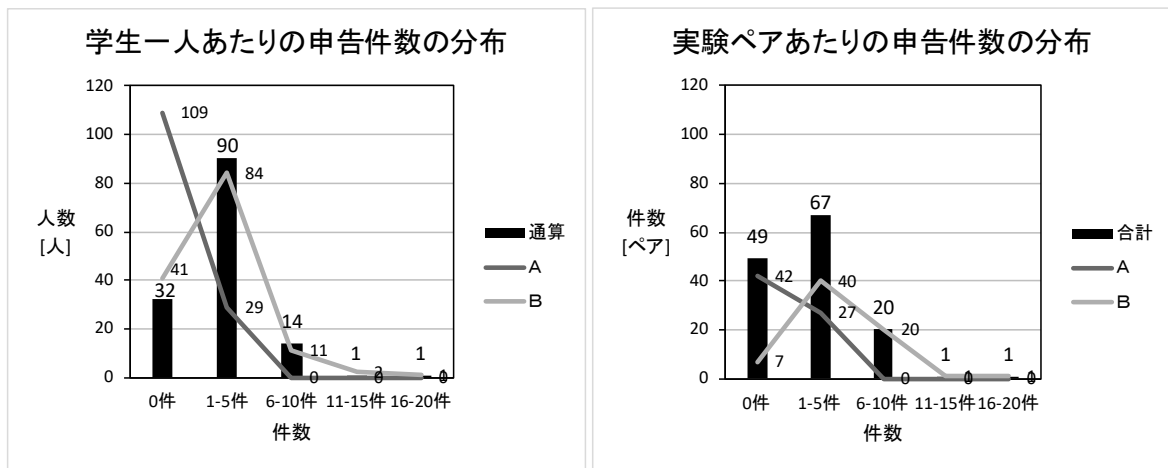


図 4 学生一人あたりの申告件数の分布

### 2-7. 外気温との比較

庄司・江川・興水（2003）は、環境温度の違いが作業パフォーマンスに与える影響について研究した。学生実験にも影響すると考え、まず、カード申告件数に大きくばらつきのある有機化学実験の 1 Q 35 ペアと 2 Q 34 ペアの申告件数に対して t 検定を行った。エクセルのデータ分析ツール[t 検定：分散が等しくないと仮定した 2 標本による検定]を用い

て、有意水準  $\alpha$  値=0.05 に対する統計検定量  $t$  を求めた（表 3）。自由度 67 で P 値（両側確率）=0.234542 であり、P 値=0.234543 >  $\alpha$  値=0.05 により 5% の有意水準で帰無仮説が棄却できないため、1 Q と 2 Q のペアの申告件数の母平均に差があるとはいえなかった。

表 3 エクセルによる  $t$  検定

$t$ -検定: 分散が等しくないと仮定した2標本による検定

	変数 1	変数 2
平均	3.885714	4.882353
分散	12.63361	11.19786
観測数	35	34
仮説平均との差異	0	
自由度	67	
$t$	-1.19954	
P(T<=t) 片側	0.117271	
$t$ 境界値 片側	1.667916	
P(T<=t) 両側	0.234542	
$t$ 境界値 両側	1.996008	

そこで、便宜的に 1 Q と 2 Q の申告件数をまとめて取り扱うこととし、2014 年の横浜市の気温との比較を行った（図 5）。今回は実験室内の気温・湿度を計測しておらず、実験は 13 時から 18 時のため、15 時における最高気温を利用した。申告件数と横浜市の最高気温との相関係数は 0.298 であり、弱い正の相関がみられた。

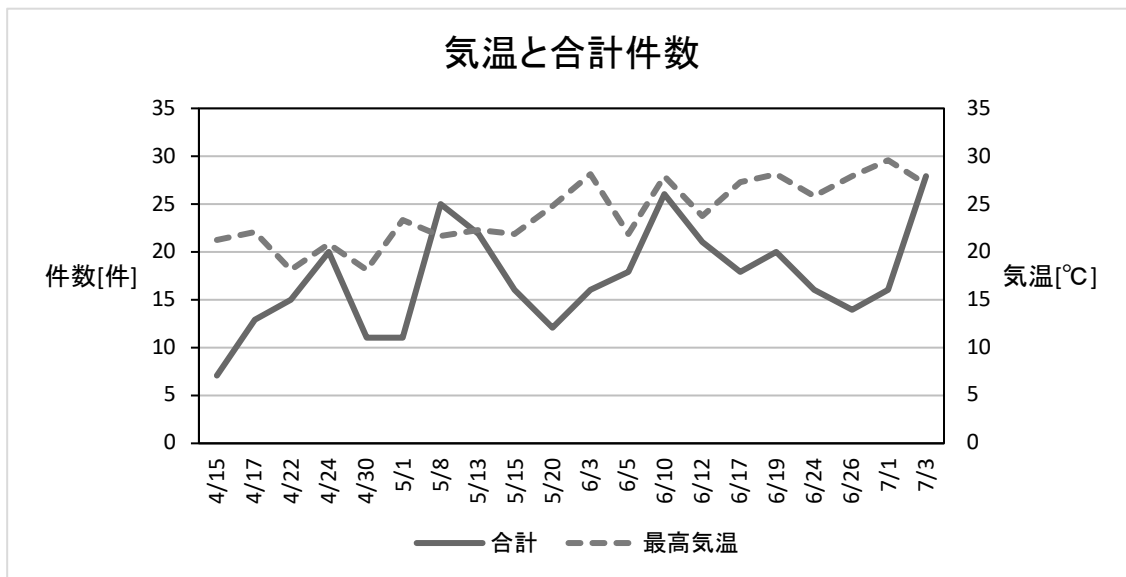


図 5 横浜市の最高気温と申告件数の変化

5 月下旬から実験室内では冷房を利用しているため、外気温のみの比較は適切でないことから、室温の記録が必要であった。

## 2-8. 実験テーマごとの補充費用の比較

実験テーマごとに 1 Q 及び 2 Q における申告件数と費用を整理した。表 4 より、無機化学実験の 1 Q 及び 2 Q の申告数は計 43 件で 37,538 円の補充費用に対し、有機化学実験の

1 Q及び2 Qの申告数は計 302 件で 345,627 円であった。

表 4 テーマごとに必要な補充費用

テーマ	件数	前半	後半	合計金額	1Q	2Q	テーマ	件数	前半	後半	合計金額	1Q	2Q
A-1	15	5	10	¥17,740	¥5,020	¥12,720	B-1	29	10	19	¥32,409	¥6,502	¥25,907
A-2	3	0	3	¥3,729	¥0	¥3,729	B-2	43	24	19	¥72,257	¥41,777	¥30,480
A-3	2	0	2	¥570	¥0	¥570	B-3	38	18	20	¥50,338	¥20,118	¥30,220
A-4	10	2	8	¥10,479	¥2,999	¥7,480	B-4	26	14	12	¥28,538	¥10,860	¥17,678
A-5	12	8	4	¥4,340	¥3,600	¥740	B-5	23	4	19	¥21,452	¥6,542	¥14,910
A-6	0	0	0	¥0	¥0	¥0	B-6	12	5	7	¥16,240	¥7,910	¥8,330
A-7	1	1	0	¥680	¥680	¥0	B-7	25	13	12	¥18,053	¥9,090	¥8,963
A-8				¥0	¥0	¥0	B-8	33	17	16	¥35,425	¥20,905	¥14,520
合計	43	16	27	¥37,538	¥12,299	¥25,239	B-9	29	13	16	¥25,898	¥10,190	¥15,708
							B-10	44	18	26	¥45,017	¥17,354	¥27,663
							合計	302	136	166	¥345,627	¥151,248	¥194,379

A: 無機化学実験、B: 有機化学実験

有機化学実験における申告が多く、費用もかかることが分かった。申告件数の異なりについては、無機化学実験は分析、測定やパソコン演習が主な内容であるのに対し、有機化学実験は火気等を取り扱って試薬を合成する内容であること、テーマによっては長時間にわたる多数の器具の操作が影響していると考えられた。

### 3. まとめと今後の課題

カード申告情報を可視化することで、学生の実験に対する意識の変化がみられ、実験開始時の指導内容に反映させることができた。また、授業期間中に器具の在庫がなくなると授業に支障をきたすことから、単に実験準備室の在庫を補充するだけでは不十分であった。限られた実験実習費予算の中で、実績に応じた器具の購入が必要であり、かねてよりデータを蓄積しておいたほうがよかった。

気温との比較について、今回は 2014 年度春学期の情報と外気温のデータのみで分析を行ったが、1 Qの最初の実験ガイダンスから指導を統一して条件を一致させることや、実験室環境の計測により室内温度や湿度等の情報を取得して、その影響を検証することも必要であろう。

そのほかに、学生の予習の有無も実験操作に影響すると考えられるが、当初より「器具補充カードの提出は成績には影響しない」と学生に伝えていることから、調査を実施する場合は慎重に行うことも必要であろう。

### 謝辞

「大学 IR は、これからは大切な概念だから取り組んでみるとよい」と励ましていただいた C 学科 C 教授に、篤く御礼を申し上げます。

### 【参考文献】

1. 庄司卓郎・江川義之・興水ヒカル(2003)「環境温度の違いが作業パフォーマンスに及ぼす影響」産業安全研究所特別研究報告, NIIS-SRR-NO.28(2003)
2. goo 過去の天気「2014 年における横浜の過去の天気」  
<https://weather.goo.ne.jp/past/670/20140400/>