

### 1. 授業の基本情報・概要

講義題目は無機化学とされているが, 有機化学を除く一般化学について取り扱う。学校教員養成課程1年次後学期に開講される, 教員免許状中等教育理科必修科目である。

### 2. 授業評価・授業研究の内容

本講義は中等教育課程の必修科目であるが, 履修者に教員免許取得を志向していない学生が混在する。これは学生がカリキュラムへの理解が低く, シラバスを読んでいないことを示唆している。そこで, 本講義では毎年度第1回講義にて, 基礎学力チェック(図1)と高等学校での履修状況, 希望校種を調査している(表1)。希望校種は重複があるため, 全数より多くなった。また, 履修者数より調査数が少ないのは, 第1回から欠席する学生がいるためである。

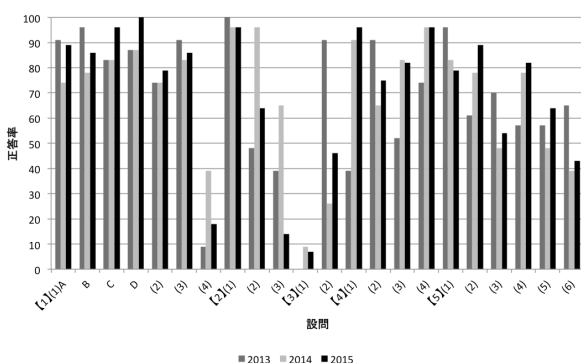


図1 基礎学力チェック経年変化

図1に3年分の基礎学力チェック(N=28)について示した。基礎学力は基本的に小中学校で学習した内容であるため, 多少の差異はあるが履修者の学力に大きな変動はない。【1】～【3】が小学校準拠, 【4】～【5】が中学校準拠の学力レベルである。全問正解して当然であるが, 3年間で全問正解者は0名である。正答率が極端に低い【1】(4)は「石灰水に二酸化炭素を混ぜると白濁するが, これを透明にするためには何を入れるべきか」という問

題であり, 【3】(1)は「ドライアイスから立ち上る白い煙はなにか」という問題である。以上の結果から, 本学部生は小中学校段階での理科の知識に問題を抱えていることが明らかになった。

表1 状況調査結果(履修者数35名)

履修状況(名)		希望校種(名)	
化学基礎, 化学	23	小学校	8
化学基礎のみ	5	中学校	14
履修していない	0	高等学校	12
		取得しない	4

表1より, 化学もしくは化学基礎をまったく履修していない学生はおらず, 中等教育課程の教員を希望する学生が75%(21/28名, 重複なし)であることが明らかになった。一方で予想通り免許状を取得しない学生が4名含まれていた。これら学生はすべて生涯学習群の学生である。

本講義では, 今年度新たにトロウ化学入門(東京化学同人)を教科書に指定し, 教科書に掲載されていないが中等教育課程では重要な点については補助資料を配付して補充する形式をとった。また, 講義では化学の基礎となる原子・分子への理解を養成するために, 前半3回の時間をとり, 時間をかけて学習を進めた。学習内容は, 原子・分子, 測定とデータ評価, 化学反応, 化学結合, 光と色, 核化学, 空気と水の性質, 酸と塩基, 酸化還元である。

また, 講義では平成21年度から継続して, 事前と事後に10分間の小テストを実施している。事前テストは復習および予習, 事後テストは講義の理解と予習範囲の確認を兼ねて行っている。事後テストに関しては, 講義内で重要であると指摘している点について出題している。これら小テストは, いずれも教科書および教員採用試験などの公知の問題から出題しており, 授業時間外学習を行っている

学生であれば問題なく解答できるだろう。成績判定では、小テストと第 16 回に実施された定期テストの成績から判定した。

## 2. 1 小テスト分析

小テストの成績分布 (N=31) を図 2 に示す。履修者数は 4 名減少した。

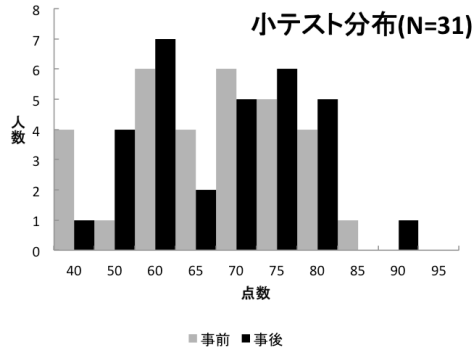


図 2 小テストの点数分布 (N=31)

階級値 75 以上の階級では事前より事後の人数が上昇する傾向がある。高得点の階級で事後の人数が上昇するのは、講義終了直後であり短期記憶から解答できるためであろう。一方で、事前の人数が減少するのは、時間外学習が不足していることを示している。また、階級値 40 の階級では事前の人数が事後と比較して 4 倍であり、講義への集中に欠けることが示唆された。事前小テストでの下位層 4 名は、事後小テストでも下位層であることから、基礎学力に劣り、また時間外学習が圧倒的に不足していることを示している。

次に講義毎の平均点推移を図 3 に示す。平均点推移からは事前小テストの平均点には上下動が大きいが、多項式による近似線では 60~70 点の範囲にある。

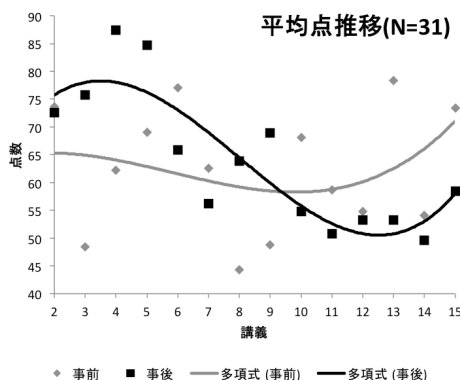


図 3 小テスト平均点推移 (N=31)

一方で事後小テストは講義の進行に伴って点数が低下傾向にあり、初回から 30% 以上低下した。この傾向は、初期は基本を抑え、後期に向かって内容が高度化していることと相関性があるのだろう。そこで、小テストにおける上位 4 名と下位 4 名の平均点推移を図 4 に示す。なお欠席は 0 点として評価した。

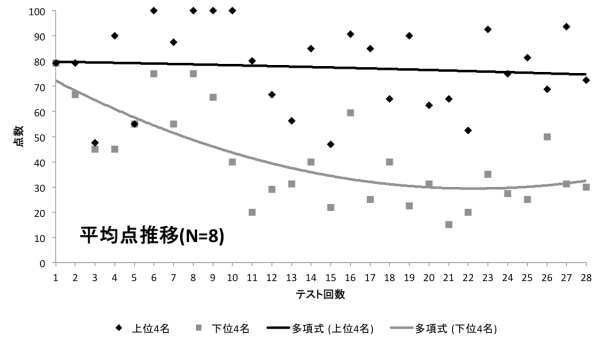


図 4 上位 4 名と下位 4 名の平均点推移

第 2 回から第 15 回までの全 28 回の小テストの平均点推移から、上位 4 名の平均点の多項式近似は全期間にわたってほぼ一定である。一方で、下位 4 名の平均点は、初期は上位 4 名と有意差はないが、回を追うごとに点数が低下していき、平均点 30 点台で律速になる。最低点数が 30 点台で底を打つのは、正答数が 1 問程度あるということであり、長期記憶に残る復習や、短期記憶を更新する予習をしていないことを示している。以上の結果から、全数による平均点推移 (図 3) の点数の低下は時間外学習に取り組まない下位層が平均点を下げているためであることが明らかとなった。

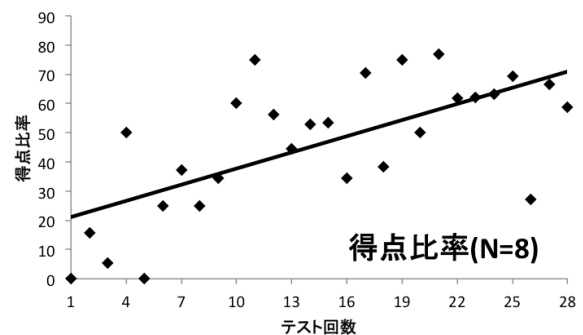


図 5 上位層と下位層の得点比率 (N=8)

また、上位層と下位層の平均点は 14 回 (4, 7, 10, 11, 13, 15, 16, 19, 21, 22, 23, 25, 27, 28) のテストで有意水準 5% の有意差が認

められた。このうち9回が事前、5回が事後である。上位層と下位層の得点比率を図5に示す。計算は以下の式によって行った。

$$\text{得点比率} = 100 - \frac{\text{下位層平均値}}{\text{上位層平均値}} \times 100$$

上位層と下位層の正答率は回を追うごとに開きが大きくなる傾向を示した。下位層は時間外学習を行わないため、高等教育における学習内容を理解できていないことが得点比率の直線的上昇として現れた。

## 2. 2 学生アンケート分析

本講義では、事後テストと同時に学生自らが講義への取り組み姿勢を5段階評価している。そこで、選択肢を数値として集計し、5点満点を100点満点に換算した(図6)。

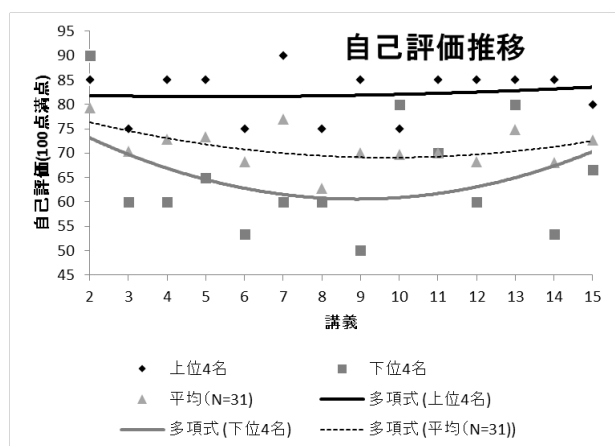


図6 自己評価推移

自己評価の全体平均は全15回(第1回は理解度テストを実施したため評価なし)を通してほぼ一定で70%を示しており、学生は自分自身が講義に積極的に取り組んでいると評価している。上位層は取り組み姿勢への自己評価も高く、予習・復習した内容について講義で深化させることで自己肯定感が高まっていることが示唆される。上位層と下位層を比較すると、5回(5, 7, 9, 12, 14)の講義で有意水準5%の有意差が認められた。下位層の自己評価が低かった回について、どの程度時間外学習に当てているかは、次の回の事前小テストで計ることが可能である。下位層の8回, 13回, 15回の事前小テストの点数のt検定(両側)の結果、上位層と下位層には有意水準5%有意差があり、有意差は認められないものの6回は得点比率34%差, 10回は71%差となっ

ており、理解度が低いと自ら判断していながら、復習などの時間外学習を行っていないことが明らかとなった。

## 2. 3 定期テスト分析

平成27年度の定期テストは小テストで提示済み問題と新規問題を8:2の割合で出題した。小テストのうち、事前小テストは返還していないが、事後小テストは毎回採点して返還している。学生が適切な時間外学習を行っていれば最低でも8割の得点が可能である。また、平成21年度より継続して、テストにはA4用紙1枚手書きの資料の持ち込みを認めている。これは時間外学習にインセンティブを与え、同時に不正行為を行う必要をなくし、学生の学習傾向を把握できるなどの効果がある。定期テスト点数分布を以下に示す(図7)。なお、1名は定期テストを欠席した。

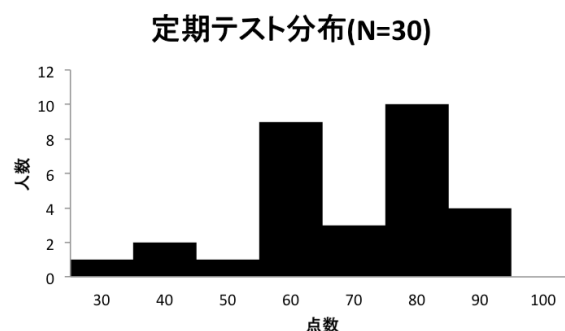


図7 定期テスト点数分布(N=30)

定期テストの平均点は、64点であった。28回の小テストのうち、手元にある14回分のテストを時間外学習で復習した学生は階級値80を中央とする17名前後で、約半数の学生は時間外学習の意味を良く理解している。一方、階級値60を中央とする10名前後は時間外学習が不足しており、階級値40前後の4名前後は時間外学習をまったくしていないことが明らかになった。小テストと同様に上位4名と下位4名を抽出し、それ以外の22名を中位層として平均値のt検定(両側)を行った(表2)。その結果、上位4名と中位22名, 中位22名と下位4名, 上位4名と下位4名, いずれの比較でも有意水準1%の有意差が認められた。以上の結果より、学生の学力は上位層, 中位層, 下位層の3極化が起きていることが示された。

表 2 定期テスト有意差比較 (N=30)

成績層	平均	比較対照	有意差
上位 (N=4)	85 点	上位と中位	<<
中位 (N=22)	64 点	中位と下位	<<
下位 (N=4)	36 点	上位と下位	<<

※<<は有意水準 1%の有意差

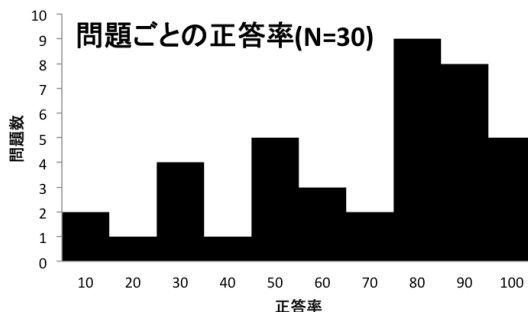


図 8 定期テスト正答率分布 (N=30)

また、定期テストの正答率の分布を以下に示す(図 8)。正答率は既知か未知かと相関性は認められなかった。正答率が低かったのは、以下の 4 問である(表 3)。

表 3 正答率が低い問題

正答率	問題	教員採用試験
17%	電離度を求める	高等学校
23%	物質の性状	小学校全科
27%	物質の性状	小学校全科
30%	分子数	中学校理科

もっとも正答率が低い電離度の問題は新規問題であった。一方で、既知問題である物質の性状の正答率は低い傾向を示した。本問題は、教員採用試験小学校全科レベルだが、小テストで正答率が有意に低かった。そこで、テストを返却し時間外学習をするように促したにも関わらず、全 7 問すべて正解した学生は 0 名であり、7 問平均正答率は 44%であった。物質の性状は、中学生が学習する一般的な内容であり、図 1 と併せて判断すると、学生は小中学校段階の知識に課題を抱えており、かつそれを改善する意志に乏しいことが示された。平均正答率 44%という数値は学生が教員となったときに児童・生徒に適切な指導を与えることのできる割合を暗示している。

### 3. 「授業時間外学習の促進」について

本講義ではシラバスに授業時間外の学習に

関わる情報として、以下の記述がある。

「2 単位の講義の単位取得に必要な最低学習時間は 90 時間です。講義は 15 回×90 分 = 22.5 時間ですから、それ以外の時間を予習と復習にあててください。予習と復習の時間配分は自由とします」

また、受講条件に以下の記述がある。

「残念なことに時間とは有限な資源ですので、すべての受講者が理解するまで時間をかけて教えることはできませんし、教える範囲は広範囲にわたるため、どうしても内容を掘り下げることができない場合があります。座って話を聞いているだけで、化学が理解できるようになるという幻想は棄ててください。みなさんの自覚的学習が極めて重要です」

以上、シラバスによって授業時間外学習を促進した。シラバスでは、これ以上明確な形での時間外学習の促進は不可能である。

また、前述の通り、小テストによって時間外学習が直接成績に影響すること、時間外学習をしない限り単位を取得できないことを明確に示し、定期テストでも同様に時間外学習が成績に直接反映される形式を採用した。そこで、時間外学習の促進効果を測定するために、定期テストの点数を小テストの点数で除算して点数の向上率を算出した(図 9)。

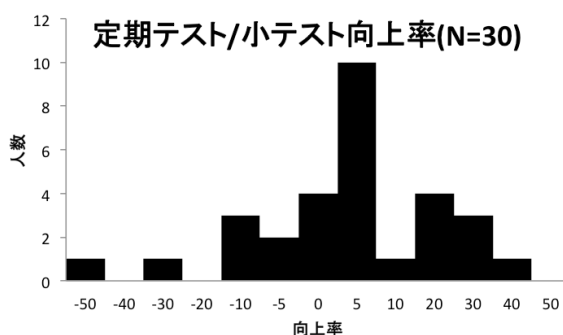


図 9 点数向上率 (N=30)

小テストと定期テストを比較して点数の向上が認められた学生は 63% (19 名)であり、うち 10%以上の向上が認められたものが 8 名であった。これは時間外学習の促進によるものであろう。小テストで下位層にいた 4 名のうち、2 名には 20~40%の成績向上が認められた。また定期テスト上位層のうち 2 名は小テストでは中位層であり 20~30%の成績向上が認められた。一方で、顕著な成績下降を示

した学生が2名いた。これらの学生はいずれも成績中位層であり、時間外学習をまったく行っていないことが示唆される。

以上をまとめると、成績上位層には時間外学習の促進のメッセージは明確に伝わっており、適切な予習・復習により小テストの正答率が極端に低下することは少なかった。一方で、小テストからは成績下位層が時間外学習を行っていないことが明らかとなった。また、定期テストとの比較から、成績下位層であっても時間外学習のインセンティブを与えれば、10%以上の成績の向上が認められる程度には時間外学習を行うことが明らかとなった。しかしながら、これらの学生はもともとの基礎学力が低すぎるため、時間外学習の促進による成績向上率の数値を額面通りに受け取ることにはできない。そして、とくに時間外学習を行っていないが学校教育の余波で偶々問題が解けている中位層に、適切な予習・復習を行わず、大幅に成績を低下させる学生がいることが明らかとなった。こうした学生は出席さえしていれば、単位が取れるだろうという学校教育から続く「先生がなんとかしてくれる」という甘えがあるのだろう。

#### 4. 総括

小テストおよび定期テストの分析から、上位層の学生は適切な時間外学習を行い、予習および復習の成果によって講義への理解を深め、自らの学習態度にも満足度が高い傾向があることが明らかとなった。

本講義は平成21年度の開始以来、一貫して授業時間外学習を推奨し、授業時間外学習を行わない限り単位が取得できない講義形式を継続している。一方で、こうした手法には明確な目的、インセンティブが必要となる。そこで、本講義では毎回の小テストにより授業時間外学習を適切に評価し、定期テストでは手書き資料の持ち込みを可として授業時間外学習を促進している。資料の持ち込みは無制限になると漫然とした作業化が進行し、重要点を抜き出して理解を深める効果が薄れるため、手書きのみ、A4用紙1枚が適正だろう。

一方で、近年の学生の学力は2極化から3極化(正確には4極化)が進んでいることが明らかになった。小テスト、定期テスト、いずれにおいても学力は4つの集団の存在を示している。適切な時間外学習によって成績を向

上させる上位層、時間外学習量に個人差が大きく学校教育段階での学力に依存する中位層、時間外学習を行わない下位層、そして早々に諦める評価なし層の4つである。自由意志によって単位取得を諦める層は高等教育における議論対象ではないので除外すると、平成21年度からの経年変化から、中位層と下位層の格差が顕著になってきたと感じる。以前は上位層と中位層の2極化が問題であったが、現在は中位層の中でも不熱心ではあるが講義には出席するという無気力層の増大が懸念される。こうした学生の行動傾向は一貫しており、先生が何とかしてくれるという一方的な甘えの構図から脱却できていない。予習も復習もせず、講義開始前の10分で短期記憶の詰め込みをくり返すため、長期記憶への遷移が起こらず、学習内容がまったく身につけていない。講義中は居眠りやスマートフォンの操作が忙しく、講義に集中できていない。そのため、学習内容が学校教育に準拠している間は高得点を記録するが、内容が高度化すると理解度が極端に低下することが小テストから読み取れる。こうした学生は定期テストが迫っても、楽をして単位を取得しようとするため、過去問などに惑わされ、過去問で出題例のない問題を出題するとまったく対応できず、返却された小テストの見直しすらしていないことが明白である。また、再履修学生は、他学生と比較して成績に有意差はないことが明らかとなった。成績の上昇が認められないのは、受講までに時間外学習を行っておらず、短期記憶を長期記憶に遷移させていないことを示している。とくに複数回再履修している学生は、毎年まったく同じ問題を出題しても正答率は向上しないことが明らかになっている。以上が小テストおよび定期テストから浮かび上がる中位層から下位層に至る学生像である。定期的な学習習慣は一朝一夕に身につくものではない。学生が高等学校段階で学習習慣が身につけているのかの調査が必要であろう。

学生の自己評価は下位層の学生も極端に下がることは少なく、成績と自己評価の乖離が激しいことが明らかになった。そのため時間外学習の測定は、量ではなく質を定量する必要があるだろう。また、昨今は学生による講義評価が行われるが、講義内容を理解できない中位層～下位層の学生による評価には何の価値もないことを明確にした。