

四国地区工業高専化学共通試験実施経過報告と

今後の展開

岡野 寛* 尾崎信一** 一森勇人***

*高松工業高等専門学校

**高知工業高等専門学校

***阿南工業高等専門学校

概要

四国地区工業高専で化学の共通試験を実施した。本稿では提案から実施に至るまでの過程を実況放送し、今後同様の企画を検討中の方の参考になればと思い執筆した。学校間格差が浮き彫りにされるなど、いくつかの問題はあるが、競争原理を取り入れることで学生はもちろん教員も勉学意識は確実に向上している。また今後継続していくことで、授業方法の改善はもちろん種々の教育改革を実施する上での貴重な資料が得られるものと考えている。また、共通試験の延長として、到達度評価・学力保証の判断基準として利用可能な化学版TOEICを提案した。

Abstract

Students took the Achievement Test of Chemistry at the Colleges of Technology in Shikoku District. In this paper we will introduce the process of this execution for the reference of other teachers who may conduct similar plans. There are some problems such as academic different standards among the colleges. However, introducing the competition principle, the both students and teachers can gain stronger desires for learning. In addition, we can collect more useful information by carrying on and putting the achievement test into practice. The information can be used for the educational reformation as well as the faculty development. To include, we will propose TOEIC-like Chemistry Test as an extension of the achievement test.

キーワード：化学，共通試験，高専，四国

Keywords: Chemistry, Achievement test, College of Technology, Shikoku

1. はじめに

我々は、四国の異なる3つの工業高専で一般教科に所属する化学専任の教員である。3高専とも4学科で構成されており、そのうち化学系の学科は1高専に1学科あるのみで、他はすべて、いわゆる応用物理系の学科である。これまで、我々は、それぞれの所属する高専で一般教科として化学のあるべき姿を模索しながら教育に携わってきた¹⁻⁷⁾。平成15年11月に開催された四国地区総合文化祭を機会に合同で情報交換する場を設けて、特に次のような問題について討議した。

① 技術者を目指した高専生に一般化学をどこまで教授するか。

② その評価方法はどのようにすべきか。これらは、単に1高専の枠を超え、高専や大学工学部の一般化学にとって共通した命題ともいえる。その解決の糸口を見いだすため、平成16年2月に初の試みとして高松、高知、阿南の四国地区工業高専の学生を対象に化学の基礎的知識、到達度を評価する共通試験を実施した^{8,9)}。本論文は、共通試験を実施するにいたった経緯、計画から準備・実施までの手順と各段階で発生した種々の問題点、実際に実施するうえでの障害などを実況中継し、今後同様の企画を検討中の方の参考になればと思い執筆した。また実際に実施し得られた共通試験の成果について考察する。更に、今後の展開の1つとして、化学版TOEICの構想について紹介する。

2. 四国地区工業高専化学共通試験

2.1 提案理由

高松、阿南高専には化学を専攻する専門学科はなく学内には化学担当の常勤教員は1名のみである。その教員が、高校1年生から大学4年生（専攻科2年生）までの化学関連の講義を担当している。その中で各学年において、どの程度の内容を教授しどのレベ

ルを合格とするべきかという疑問が生じてくる。もちろん、高校生段階では高等学校の指導要録に従い教授するべきであろうが、単位数の違いなどから簡単なことではない。また、特に4年生以上の高学年では専門外の化学の勉強は疎かになりがちで、数学や物理の能力と比較して化学の能力は明らかに低レベルにある。これらの評価は、教員の感覚的なものであるが、かなりの的を得たものだと考えている。化学の学力が低調な理由を学生サイドの責任にした場合、化学を専門としない工業高専の学生にとっては、非常にまじめで優秀な学生でさえも化学は社会や国語と同じように、ほとんど家庭学習の対照とはなっていないのが一番の原因である。一方、教員サイドの責任としては、これまでの授業改善は、経験やカンに頼ったものが多く、客観的な数値データに基づいた改革がなされていなかった点にある。

このような背景の下、授業改善の客観的なデータとなる、各段階での合格基準（単位習得レベル）を明らかにすべき標準問題が作成できないだろうかという意見が出てきた。その基準問題の何割かを合格基準としてその合格基準をクリアーできる内容の講義を実施するのが教員の仕事であり、数値的な裏づけが得られれば種々の教育改革も説得力を持って実施可能である。また、その標準問題は各工業高専の授業内容に沿った独自のものであってはならず、技術者の基本的知識となる化学であるから、ある一定の単位を修得した工業高専や大学工学部の学生が全て解答できる問題でなくてはならない。

以上の理由により複数の高専間での共通試験を企画した。

2.2 共通試験の計画

今回の共通試験は計画段階では各担当教員レベルで種々の調整を実施した。実施3ヶ

月前（平成15年11月）の打ち合わせでは、「問題はマークシート方式とすること」、「試験時間は45分程度」、「出題範囲は工業高専で1年程度化学を学習した学生が試験に参加できること」、3点を決定し、基本的に高松高専でこれまで実施してきた実力試験を他の2高専でも実施するという形式をとった。問題作成は実施1ヶ月前（平成15年1月中）までに叩き台を高松高専が作成し、それをもとに全教員で議論し最終版を作成することとした。

計画段階では大きな問題は発生していない。一番の理由は担当教員レベルで行動し学校としては何も関与しなかった点にあると考える。

2.3 問題作成から実施まで

問題は平成16年1月末に高松高専で原案を作成した後、電子メールを活用し種々の意見を出し合い2週間程度の期間で完成した。完成後の問題は8割程度原形をとどめているものの、細部にわたって煮詰められており、単独の教員で作成したものと比較して、完成度の高いものになったと考えている。各高専での講義内容の違いにより、いくつか学習していない問題も含まれており、その取り扱いについて議論したが、重要であると判断した問題は残すこととした。採点は既存のシステムが利用可能なので高松で行うこととした。一番の問題は試験時間の調整であったが、初めての試みなので2月中旬1週間程度の間の実施することとして、あまり細かな縛りは設けないことにした。ただ今後、共通試験が定着した場合、問題の漏れなどが予想され、実施時間については、調整していく必要があると感じている、実施対象や試験結果の取り扱いは各高専の判断にゆだねた。特に試験結果を教科成績に加味するかどうかについては、シラバス作成や学生のモチベーション向上とも関係し

今後議論せねばならないが、現段階では、各高専で取り扱いが異なっても問題はないと考えている。

実施直前に担当教員から各高専の教務主事に実施の報告をした。概ね積極的な支持が得られた。それによりマークシートカードなどは教務負担で実施できた。

この段階で大きな問題が発生しなかった一番の理由は、あまり細かな取り決めをしなかった点にあると考える。特に試験結果の取り扱いについては、実施前に深く議論し始めると、実施自体が困難になっていくと感じた。また、第三者からは、試験結果を我々教員の査定に結びつける危惧があるとの意見が多数寄せられたが、今回の試験結果はあくまで原点であり、重要なのは今回の結果ではなく、今後の改善である、という考えに基づき試験を実施した。

2.4 実力テストの概要

試験は、平成16年2月中旬に約1週間の期間を設けて各高専で特に時間は指定せずに実施した。受験対象は、2年生全学生としたが、その他の学年も各高専の実情に応じて受験させた。表1に受験者の内訳を示す。受験者総数は840名であった。出題分野は、化学を専門としない学生が大半を占めることなどを考慮し、有機化学を除いて高等学校で扱う化学の全分野とした。センター試験レベルを想定した内容を中心に基本的問題も交え、問題数は20問（1問5点、計100点）

表1 平成15年度四国地区化学共通試験受験者の内訳

	高松	高知	阿南	合計
1年生	159	150	0	309
2年生	156	157	151	464
3年生	0	0	0	0
4年生	35	0	14	49
5年生	0	0	0	0
専攻科1年生	11	0	9	20
専攻科2年生	0	0	0	0
合計	361	307	174	842

とし、1授業時間（45または50分）で五者択一のマークシートを使用して行った。種々のマークシート方式の試験を参考に出題方法にも工夫をし、選択問題ではあるが、思考力を要求する問題となったと考えている。全20問の内容は概略以下のとおりであった。

1. 炭素の元素記号
2. アルカリ金属元素
3. L殻の最大電子収容数
4. 空気中の酸素の割合
5. 酸素原子の原子番号と価電子数
6. 原子に関する記述の正誤
7. 化学反応に関する記述の正誤
8. H_2O_2 の分解にともなう O_2 発生量の量的計算
9. ハロゲンに関する記述の正誤
10. pH2の水溶液を10倍に希釈した時のpH
11. 記述文から推定するイオン化傾向の大小
12. 溶解度に関する記述の正誤
13. NaOH水溶液の電解で生じる水素の量的計算
14. 状態方程式を用いた窒素の質量の求め方
15. アンモニア合成反応での平衡移動
16. 既知モル濃度の水溶液の調製法
17. コロイドに関する記述の正誤
18. 中和滴定での濃度の求め方
19. MnO_4^- のMnの酸化数
20. 単位換算

2.5 試験結果

図1に2年生全受験者（464名）の得点分布を示す。全2年生の平均点は45.4点（受験者全体の平均点は46.8点）であり理想的な正規分布となった。問題毎の正答率を、図2に示す。問題1, 4, 11は3高専とも比較的高い正答率を示したが、8, 9, 12, 13は20%前後の低い正答率であった。またここでは示し

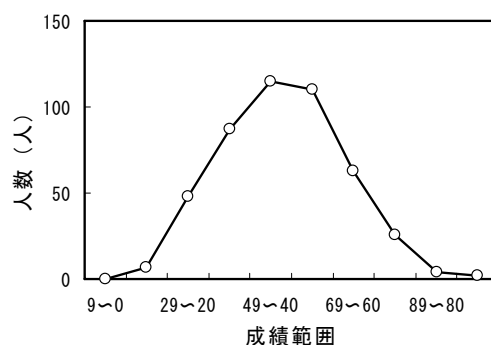


図1 平成15年度四国地区化学共通試験2年生全受験者の得点分布

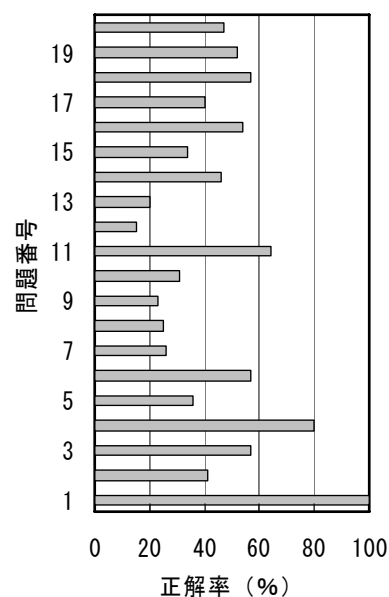


図2 平成15年度四国地区共通試験問題別正解率

ていないが、高専間で正答率に差が認められた問題も多数あり、授業方法や実験の実施などに関連して興味ある考察ができるものと考えている。本稿では特に正答率の低かった3問について簡単にコメントする。全問題の内容と正答率から見た問題の分析については、平成17年3月発の「高専教育」にて報告¹⁰⁾済みである。

2.6 正答率から見た問題分析

五者択一式で正答率20%以下の解答は、解答者の誤った理解、あるいは不十分な知識によるものと考えられる。そのため、今後の授業では特に注意して改善を図らねばならない。以下に正答率が低かった問題を示すとともに、その解答状況を考察する。

問題8. 1.7gの過酸化水素が完全に分解したとき発生する酸素の体積は標準状態で何リットルか.

- ① 0.03 ② 0.05 ③ 0.56 ④ 1.12 ⑤ 2.24

誤答④を選択したものが最も多く、正解者は2年生全体の25%に過ぎなかった。誤答④を選択したのは、過酸化水素が分解するとき過酸化水素と同じ物質量の酸素が発生すると予想したためであり、反応式が正確に記述できなかつたのが原因である。反応式を問題中に明示していれば、正解できたのか興味あるところである。簡単な化学反応を例に反応物と生成物の量的関係について理解度を探ろうとしたが、それについては十分な分析ができなかつた。

問題9. 次の文書中の下線部の記述に何箇所誤りがあるか。

ハロゲンは、周期表の 18族に属しその原子はいずれも最外殻に 7の電子を持っているために、1価の陽イオンになる傾向がある。このために、金属イオンと金属結合をして塩を作りやすい。ハロゲン分子はいずれもイオン結合をした 2原子分子である。

- ① 2箇所 ② 3箇所 ③ 4箇所 ④ 5箇所 ⑤ 6箇所

基本的な問題でありながら、出題形式が影響したのか正解率は低調であった。正解するにはハロゲンや化学結合についての基本的知識が要求される問題である。誤答②が最も多かつたのは、カンで回答した学生が多く、身につけた知識が不十分であるということであろう。

問題 12. 次の溶解度に関する記述のうち正しいものの組み合わせはどれか。

A 気体の液体に対する溶解度は温度に依存し、一般には温度を上げるほど溶解度は上がる

B 固体の液体に対する溶解度は温度に依存し、一般には温度を上げるほど溶解度は上がる

C ヘンリーの法則とは気体の液体への溶解度に関するものである

D 一定温度で一定量の液体に溶ける気体の体積はその気体の圧力に依存する

- ① A C ② A D ③ B C ④ B D ⑤ C D

全問中最も誤答が多かつた。したがって、正答率は低く3高専中2校は10%前後であった。誤答の大半は④であったことから考えると、記述Bについては理解しているが、記述D中の誤りが見抜けず、同時に、ヘンリーの法則についても理解していなかつたためであろう。すなわち、気体の性質についての基本的知識が不十分であると考えられる。

2.7 共通試験の成果

試験結果は、個人成績、クラス成績、学校成績、問題毎の正解率などにより整理した。結果については懸念していた学校間格差が顕著に現れ各高専の校長は結果の公表に苦慮していたが、最終的には上位10名程度を各高専の判断で掲示公表することで落ち着いた。今後の受験者のモチベーション維持にも非常に有効な形での公表であったと考える。結果については、次年度の共通試験の打ち合わせを兼ねた、四国地区化学教員会議において話し合った。その中で学習後の定着度の悪さ、知識の不十分さが浮き彫りにされたとの意見が多数を占めた。定着度の向上には実験が有効であることが指摘されることが多いが、今回の結果からは、やりっぱなしの実験では効果がなく、実験後にレポートを書かせて初めて定着度が向

上する結果が得られた。また、高専によっては、学校長、教務主事を交えて今後の対策について議論した例もあり、この結果に危機感を持ち学校として根本的・長期的な対策を検討し始めたことは高専の将来にとっても非常に有意義なことである。いずれにしても得られた結果は、今後のカリキュラムの再検討、授業方法の改善、使用教材の選択、実験内容の整備、レポート課題の内容などに多義にわたり非常に有効に活用していけるものと考えている。

また、教員サイドとしても今回の統一試験を機に今後定期的に化学教員会議を公式な会議として開催できることとなったのは大きな成果である。全国の高専でも体育以外の科目において複数の高専間での教員会議が定例的に開催されるのは初めての例ではなかろうか。

一方、受験した学生へのフィードバックであるが、どのような形で試験結果を通知するかが重要である。色々と検討した結果今年度は、受験者個人への試験結果の通知方法についても各高専の判断に任せた。高知高専では受験者全体、学校、学年、クラスでの席次と平均点を通知することで学生のモチベーションが高まった。また、前述したとおり、上位10名程度を掲示公表した。四国地区高専では体育大会や総合文化祭等で高専間が競う合う場が年に数回ある。それと同様に今回の共通試験でも、学内の実力試験とは違い、他高専へのライバル意識が強く感じられ、今後の試験にうまく利用できるのではと感じた。

また、当初の目的の一つであった、達成度評価については今後受験者数を増加させるとともに、継続的に共通試験を実施しデータを蓄積していかなければ結論は出せないと考えている。数年後に続報を公表したい。各問題の正解率などから、今回作成した問題の難易度は、今後到達度評価に使用する

問題として、適当であったと考えている。

3. 今後の展開と化学版TOEICの提案

3.1 今後の共通試験について

平成16年度からは、四国地区全工業高専が参加し、主要3科目（英語、数学、物理）について共通試験を実施することとなった。化学についても、その一環として平成17年2月に第2回目を実施する予定である。今回同様に問題別の正解率を整理し学生の理解度を分析すると同時に、各校における前年成績との比較により、新たな実験導入などの授業改善の効果について検討を始める必要がある。また、地域や工業高専にとらわれず工業高校や大学に参加を呼びかけ受験者を増やし、最終的には、到達度評価、単位認定基準に利用可能なテストとできるようにデータを蓄積していく考えである。さらに、共通試験の延長として、化学の実力を試すトライアル的要素も加味した化学版TOIECへの展開も検討中である。

3.2 化学版TOEICの提案¹⁾

化学版TOEICを提案するのは、工業高校、高専、大学工学部、企業において、技術者あるいは将来技術者を指すものを対象とした、化学知識のレベルチェックに適したテストがほとんどなく、客観的な学力測定なしに、様々な教育改革が言われている風潮に疑問を感じてのことである。

化学を専門とする、しないにかかわらず、技術者の常識として、どの程度の化学知識が必要とされるのであろうか。JABEE等の観点から、どの程度の学力保証が必要であろうか。これはいくら架空の議論をしても結論の出るものではない。現在実際に最前線の舞台で活躍している技術者を基準とするのが最も有効な判断基準ではなかろうか。彼らの化学的知識を評価し、それを分析し技術者育成を目指した学校のカリキュラム

にフィードバックさせることは非常に有効であると考え、そのためには化学版TOEICを作成し化学の知識を定量的に評価できる規準を作る必要がある。記憶力に頼った勉学に陥ったり、思考力の低下につながる恐れは排除しきれないが、手始めとして、工業高等学校から一般技術者まで広い範囲を対象とした標準問題を作成し、その試験結果を基に技術者の化学教育を議論したいと考えている。今回四国地区工業高専で実施された統一試験を基盤に発展させていくことで、ある程度の目標は達せられるのではなかろうか。

標準問題であるが、各段階の学校で到達度評価・単位習得基準として使用できると同時に、チャレンジャー的精神の受験者を受け入れることを考えると、難易度に幅を持たせる必要がある。例えば、100点満点を仮定した場合、大学入試センターの実施するセンター試験で全問正解できる学力で80点ぐらいの設定が良いと思われる。また、中学卒業時点でも20点は取れるようにしたい。そうすれば将来的に高専の化学教育の評価に利用した場合60点前後を合格点とすることが可能であり、種々の評価に利用しやすい。

これらの前提に立てば、出題範囲としては、センター試験レベルの問題を60%、残りの40%を中学生学習内容と大学一般教養学習内容に振り分けることができる。当面は思い切って有機化学系の出題を20%程度までに抑えて、基礎化学理論を中心に出题することを考えている。また将来的には、環境問題の重要性を問うような、技術者倫理に関する問題や単位換算なども必要である。

出題形式としては、多数の技術者に受験してもらい、多くのデータを得ることを考慮し、5択程度の選択式にするのが妥当と考える。将来的には問題を英文化し、インターネット上で世界中の技術者が受験できる環

境を構築したいと考えている。

4. まとめ

平成15年度に四国地区工業高専で実施した化学の共通試験について、提案段階から実施までの種々の過程を報告した。国立大学の法人化や国立高専の1法人化などにより、このような統一試験の実施、各分野における学校間情報交換の推進などは、時代の流れとして当然今後推進していく必要のある事項であるが、長らく対外的に閉鎖的であった組織においては、種々の抵抗もあり簡単には進まないのが現状のようである。今回も、指摘すれば学校間格差が浮き彫りにされるなど、いくつかの問題はあるが、競争原理を取り入れることで学生はもちろん教員の勉学意識も確実に向上していくものと考えている。また今後継続していくことで、授業方法の改善はもちろん、種々の教科改革を実施する上での貴重な資料が得られるであろう。

四国地区化学共通試験のホームページを下記のサイトで公開中である。

http://www.takamatsu-nct.ac.jp/~h_okano/okano/touitsutest.htm

その中で平成16年2月に実施した問題も回答可能である。問題に関するご意見、また統一試験実施に関する、賛成・反対など色々なご意見を歓迎すると同時に、他の分野において同様の企画を検討中の方に少しでも参考になれば幸いである。

また、共通試験の延長として、到達度評価・学力保証の判断基準として化学版TOEICを提案した。化学版TOEICの完成には多くの問題を作成し、一般技術者を中心に受験を募り、問題レベルや合格点について考察していく必要がある。この提案にご賛同いただける方のご協力を期待する。

5. 最後に

本論分の内容は,2004年8月現在の種々の打ち合わせ及び共通試験結果の公開に関する申し合わせ事項に沿って作成した.

参考文献

- 1) 岡野寛,一森勇人:一般教科としての化学教育の在り方,高専教育,第27号(2004),p.369-373
- 2) 尾崎信一:教えることによって学ぶ理科の授業,高専教育,第25号(2002),p.341-346
- 3) 東條訓子,一森勇人:英語授業におけるe-ラーニング導入,日本工学教育協会第52回年次大会(2004),p.469-470
- 4) 一森勇人,岡野寛:一般教育としての化学教育のあり方,第8回高専シンポジウム(2003),p.174-175
- 5) 岡野寛,一森勇人:化学教育におけるインターネットの有効利用,第9回高専シンポジウム(2004),p.195
- 6) 一森勇人,東條訓子,岡野寛:英語を用いた理科系科目の教授法,第9回高専シンポジウム(2004),p.194
- 7) 一森勇人,東條訓子,岡野寛:英語を用いた高専一般教科化学の教授方法,日本工学教育協会第52回年次大会(2004),p.535-536
- 8) 尾崎信一,岡野寛,一森勇人:四国地区工業高専化学実力テストの意義,日本工学教育協会第52回年次大会(2004),p.181-182
- 9) 岡野寛,尾崎信一,一森勇人:四国地区工業高専共通試験ならびに化学版TOEICの試み,日本工学教育協会第52回年次大会(2004),p.183-184
- 10) 尾崎信一,岡野寛,一森勇人:四国地区化学共通試験~正解率から見た定着度の分析と今後の授業改善計画~,高専教育,第28号(2005)p.517-522