

選択肢問題で総合・考察型の理科教科力をどこまで測れるか(2)(化学分野)

-センター試験理科総合A過去問題の分析-

Can we measure the comprehensive thinking power in the Chemistry using
choice problems? (2)

- Analysis of Japanese national university entrance examinations -

植田 幹男

Mikio UEDA

Key words: 大学入試センター試験, 化学, 教科横断, 選択問題

Japanese national university entrance examination, Chemistry, Subject crossing, Choice problem

1. はじめに

平成30年度公示の学習指導要領の中で、カリキュラム・マネジメントの指針をもとに、教科等横断的な視点で教育課程を編成することが重要視されている。教科等横断的な視点に立った資質・能力の育成とは、1. 言語、情報、問題発見・解決能力の学習の基盤となる力の育成、2. 豊かな人生の実現、災害等を乗り越え次代の社会形成に向けた諸課題に対応する力の育成、が掲げられ、教科・科目、学校の特色を活かし、教育課程の編成を図るものとしている^{(1),(2)}。つまり、教科等横断的な視点は、単に受験に特化した表面的な知識・内容の理解ではなく、画一的な教科の知識の枠を超えた、幅広い視野での問題解決力が必要とされる点で、本物の資質と能力、すなわちコンピテンシー（能力：思考と行動が一体となった行動特性）を有する人材の育成を目的とし、知識から能力へと教育の重点を移行させる方策と考えられる。

従って、教科を学ぶ子供たちに対し、単なる内容の教授と理解ではなく、資質・能力の伸張を意識する必要があり、「何を教えるか」から「何ができるようになるか」というような質的な転換が求められる。従来の教科教育では、教科ごとの特有の知識を与えることが、教科の中心的役割と考えられてきた。しかしながら、これからは、

知識の教授も重要であるが、それを通じて「能力を育てる」ことに主眼がおかれ、教科等横断的な視点に通じる資質・能力の育成が一層重要視される。

また、2020年度より現行の大学センター試験に変わり、新たに大学入学共通テストが開始される。新テスト導入にあたり、国語、数学においては、従来型の選択式問題に加え、一部記述式問題が組み込まれることが予定されている。記述式を含めた入試問題の改変には、平成30年度公示の学習指導要領の中で文部科学省が位置付ける、学力の重要な三要素、すなわち、1. 基礎的な知識・技能を身に付ける、2. 知識・技能を活用し、自ら考え、判断し、表現する力をはぐくむ、3. 学習に取り組む意欲を養う、をもとにした、新たな学習の形作りの意図が伺える。これは、「ゆとり」または「詰め込み」の2極化した考え方ではなく、基礎的知識・技能の習得を目指すと同時に、思考力・判断力・表現力の育成をはかること、教科指導の中で、観察・実験やレポート作成に重点をおくこと、そして前述した教科等横断的な視点から課題解決的な学習や探究的活動の充実につなげることが示されている^{(3),(4)}。このような文部科学省の方針は、単なる知識重点型の学習形態からの脱却を示唆し、国際化、技術革新、そして高度情報化といった、急速な社会構造の変

容に対応できる人材育成へ舵を切る方策として捉えることができる。

新たな記述式問題の導入は、国語、数学のみならず、特に自然科学の諸分野において、思考力・判断力・表現力を測る有効的な手法である。しかしながら記述式である以上、明確な解答を事前に準備しても、必ず部分点などの取り扱いから採点業務に関して差異の生じる懸念がある。さらに短時間での多量の答案の取り扱いから、採点の公平性についても種々の問題が指摘されている。従って、大学入学共通テストにおいて、国語・数学で取り入れられる記述問題数の量や全教科への導入といった発展的応用性に乏しいのが現状である。

そこで本稿では、2003年から9年間、高等学校理科での設置科目であった理科総合A（化学分野と物理分野の総合科目）に着目し、過去に行われた大学入試センター試験の問題を用いて、教科・科目の横断的な視点による問題の出題傾向および、思考力を測る考察型を伴う問題の出題傾向について分類を行った。さらに選択問題をベースとしながら、記述式タイプ問題への応用の可能性に関して、現在一般的な就職活動試験に使われる構造的把握力検査の手法をもとに提案を行った。

2. 大学入試センター試験理科総合Aの分析

(1) 方法

理科総合Aの大学入試センター試験は、化学分野と物理分野の総合問題であり、2006年から2014年まで9回の試験が実施された^{(4)・(13)}。出題問題の内容は、平成11年公示の高等学校学習指導要領により示されている、1. 自然の探求、2. 資源・エネルギーと人間生活、3. 物質と人間生活、4. 科学技術の進歩と人間生活に沿って、大問題4～5問で作成されている。

そこで今回、大問題の設定ごと、出題が化学分野または物理分野のどちらにより傾倒しているか、もしくは、化学・物理のどちらの領域にも属する複合型か（化物と表現）を分類し、表1-①に示した。また、化学分野を含む問題（化物も含む）に関しては、教科等横断的な視点から、他の理科科目である生物、地学との複合問題、および、身近な人間生活と強い関連性を持つ家庭科との複合的観点からも問題を分類し、表1-②に示した（それぞれ化生、化地、化家と表現）。さらに出題の傾向と属性を調べるため、大まかに問題を考察型、知識重点型、実験、計算、グラフ・図表読み取り、さらに新技術を伴う問題のいずれかに分類し、結果を表2に示した。ただし、表1の教科・科目の横断的な複合問題に関しては、

学習指導要領に示されている理科総合Aの学習内容をもとに分類を行ったが、表2に関しては、問題の内容・傾向を筆者が精査し判断・分類をしたため、明確な基準があるものではない。

(2) 結果

理科総合Aの出題を分類した結果を表1、2に示した。表中の値は、実際の試験の配点をもとに計算を行った。理科総合Aの総配点は100点であることから、表中の数値は換算することなく100分率(%)を示している。なお、表2の値に関しては、問題の傾向が複数の項目に重複することもあるため、数値の合計は100になっていない。

表1 ① 化学・物理分野別分類結果（上3段）および
② 化学分野との科目横断型関連科目の割合（下3段）

年度	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	平均
化学	49	60	52	40	38	44	40	44	52	46.6
物理	32	28	40	44	44	24	40	44	48	38.2
化物	23	12	8	16	18	32	20	12	0	15.7
化生	12	16	16	4	4	16	0	4	12	9.3
化地	12	4	12	0	12	0	8	16	0	7.1
化家	8	8	8	16	6	6	24	12	4	10.2

表2 問題の属性別分類ごとの配点割合

年度	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	平均
考察	34	52	68	64	48	48	58	56	60	54.2
知識	54	32	20	32	44	48	30	44	32	37.3
実験	26	20	32	36	40	32	46	40	24	32.9
計算	12	24	44	36	12	20	22	24	12	22.9
グラフ	20	16	12	24	16	8	12	16	20	16.0
新技	0	12	0	0	16	0	16	0	4	5.3

理科総合Aは、化学・物理の総合科目として設置されていたが、教科横断的な観点から分類した表1から、両分野（化物）の特性を有する出題傾向は、年度ごとの差はあるものの平均16%程度と明らかに低いことがわかる（実施最終年度においては、完全に分野ごとに問題が分割）。また、化学分野と生物・地学との複合型に関しても全体の10%未満に過ぎない。一方、生活全般を含む家庭科（栄養や食品等）との比較では、物質の性質を扱う化学との関連性が高い部分もあることから、教科横断的な出題率が10%を超え、生物・地学より割合が大きい。

また表2から、知識を問う問題が平均37%なのに対し、

考え結果を導く考察型の出題率が平均値で 50%を超えること、さらに実験（思考実験も含む）をもとにした出題率が 33%程度と比較的に高い値であることから、知識の応用を必要とする出題が多数見られた。

3. 考察

（1）教科・科目等横断的な視点

教科・科目の横断については、画一的な知識向上だけでなく、特に理科では、自然科学の幅広い理解を促すといった観点で、生徒の資質・能力の向上へと繋がる。

表 1 からわかるように、理科総合 A の出題分類から化学分野を中心とした他の理科科目（物生地）との横断率は、合計するならば、およそ 30%台となっており、比較的高い値を示している。これは化学が、物質の性質や変化を扱う学問に起因することから、他科目との互換性（どの科目も基本的には物質を扱う点）が高く、科目横断に適していることがわかる。また化学分野は、生活全般（身近な物質、現象）でも、目に見える形で実生活に密接に関わることから、特に家庭科との関連性が強く、その教科横断率は 10%程度と比較的高い。これは、理科総合 A の内容で重要視され挙げられている、「人間生活」を大きく反映したものであると推察される。

さらに表 2 で示した出題分類では、考察型の問題形式が平均で 50%以上を占めている。化学・物理分野は、実験や結果の考察、グラフ・図表の読み取り等、思考力を要する問題傾向が中心となることから、基本となる知識に加え、考察型の思考力を問う傾向が高くなったものと考えられる。しかしながら、思考力・判断力の判定に有効と思われる、新しい科学技術、現在の自然科学の動向、科学的な時事問題等を取り入れた出題が極めて少ない。大学入試センター試験における教科書内容の逸脱は、学習レベルの公平性の観点から問題視される。しかし高等学校で習得すべき内容・知識をもとに、詳細な説明を付け加えることで、必要な情報の取捨選択と考察、そして応用する力、即ち本当の資質・能力の判別へと繋げることが可能であると思われる。これは現行の学習指要領で挙げられる「深い学び」に結ぶつく方策と考えられる。

（2）選択問題から記述式問題への応用

思考力・判断力を判定するための問題として、考察型や教科・科目横断型を組み合わせることは重要な取り組みである。しかしながら、選択肢形式であるならば、幾つかの考える（考察される）、誘導されたものから、「自分で考えたものでない」考察を、単に選びだすものでし

かない。従って、これが本当の思考力、さらには表現力の判定という観点で十分だとは言えない。一方、前述したように、記述式問題の形式では、採点の公平性、時間的制約等の関係で、大規模試験への積極的導入は難しい。そこで、選択肢ベースではあるが、記述式と類似した複数解答、部分点の取り扱い等を加味し考えることができる、構造的把握力検査⁽¹⁴⁾の手法を提案する。これは近年、一般的な就職活動試験（SPI：Synthetic Personality Inventory の一種）で使われるものであり、大まかには、幾つかの文章（例えば 5 種類の文）を、内容の構造（何に主眼をおいた話か）から分類分け（文章のグルーピング）し、選択するものである。この際、文章の分類方法が、一通りしか想定できないのではなく、「何が主題となっているか」を分析することで、視点のことなる複数の解答および部分点を予め用意することができる。つまり、解答者がどのように文章を読み取り、どの程度内容を把握しているかを選択肢でありながら、その組み合わせから理解の度合いを、記述式問題のように測ることがある程度可能となる。しかしながら、就職試験の問題構成は基本的に 1 問完結であることから、その応用性は低い。

そこで、同様の手法を入学試験に組み込むことで、単純な選択問題が抱える偶然性の排除をある程度可能にし、正確な学力判定に繋がれると思われる。例えば何題かの設問（小問題）を連結させ、順を追うことにより、最終的なその事柄の本質に対する理解度や周辺知識を含めた深い学びを、確率による「運」の作用を小さくすることで論理的に把握し、判断する手法となり得る。

また、選択問題による偶然性、問題の難易度による実力判定の困難さ（実力が伴わない場合でも、難易度の高い問題を解答できてしまう）といった要素は、項目応答理論（Item Response Theory：IRT）⁽¹⁵⁾の考え方を取り入れることで、改善が可能である。項目応答理論とは、個人の能力値や項目の難易度といった値を、評価項目の正誤問題で生じる離散的な結果から、確率論的に求めようとする手法であり、実際に TOEFL 等の試験で利用されている。例えば、10 問で 100 点満点の問題を想定し、知識があれば 8 問以上解ける問題に対し、散発的にしか正答できない場合は、まぐれ当たりとみなし、1 問あたりの配点を 10 点未満にするという処置をとることができる。よって、幾つかの手法の組み合わせにより、選択問題であっても、受験生の資質・能力、設問に対する理解度をよりよく判定することができる点で、新たに開始される大学入学共通テストをはじめとした入試問題への応用が可能であると考えられる。

(3) 選択問題から考える記述式タイプ問題例

仮の例として、塩化ナトリウムに着目し、物質の本質を捉え、幅広い知見の有無を判別することを目的とした出題例を、以下のように作成し、考察した。

【例題】一般的に知られる塩化ナトリウムは、海水の主成分の塩であり、地球上の大半の生物にとって必須のナトリウム源として、生命維持に欠かせない物質である。塩化ナトリウムは実験用や医療用だけではなく、食塩として日常でも調味料で用いられ、人の生活や健康に関わる物質である。問題文をもとに、以下の問いに答えよ。

1. 塩化ナトリウムの結晶の性質について当てはまるものを、ア～カから2つ選びなさい。
 (ア) 水によくとける (イ) 水に少量とける
 (ウ) 水にとけない (エ) 硬いがある面で割れやすい
 (オ) 軟らかい (カ) 電気をよく通す
2. 1の性質から推測される、塩化ナトリウムの水中での様子を、ア～ウから1つ選びなさい。
 (ア) 陽イオンと陰イオンに電離 (イ) 水分子が水和
 (ウ) 電離しない
3. 2の様子から推測される、塩化ナトリウム水溶液の電気伝導性について正しいものを選びなさい。
 (ア) 電気をよく通す (イ) 電気をほぼ通さない
 (ウ) 電気をまったく通さない
4. 1の性質から推測される、結晶中に含まれる原子間での結びつきとして正しいものを選びなさい。
 (ア) クーロン力 (イ) 電子の共有
 (ウ) 自由電子による結びつき (エ) 分子間力
5. 1～4を総合して判断される、塩化ナトリウムの結晶の結合様式として正しいものを選びなさい。
 (ア) イオン結合 (イ) 分子間力
 (ウ) 金属結合 (エ) 共有結合

これらの点数配分を工夫し、最も高得点(1:アエ、2~5:ア)から、最も低得点(1でアエ以外を選択した場合、塩化ナトリウムの定義からはずれているため、2~5の選択に関係なく0点)まで分類できる。また1でアを選び、もう一方がエ以外の場合でも、2でアまたはイが選択できるため、1との関連から部分点とすることができる。しかし2でイを選択の場合、3との関連がないため、3で点数を付加できない。従って、選択のみでも、前後の繋がりから部分点の配置が可能であり、実力を伴わない、「運まかせ」の正答を抑制できると考えられる。なお、すべて正答で文章をつなげると、「塩化ナト

リウムは、水に溶解すると、陽イオンと陰イオンに電離するため、水溶液は電気を通す。また結晶に力をかけると、クーロン力による静電的反発から結晶がある面で割れやすい。従って塩化ナトリウムは、イオン結合を有する、イオン結晶に分類される。」となり、物質の性質を言及する記述式要素をもった問題と捉えることができる。

4. 結論

理科総合Aの化学分野について設問の属性を分析した結果、実験やグラフ読み取り等、考察型問題が比較的多数を占め、思考力・判断力の判定に対しある程度有効であること、物質を扱う観点から他科目との横断が比較的容易であることが分かった。また記述問題が有する採点や公平性の問題に対して、選択式ではあるが、記述式と同様に、表現力や資質・能力、学びの度合いを判定する新たなカテゴリーの導入と方策について言及し、新たな大学入学共通テストに向けての課題を明確にした。

5. 参考文献

- (1) 文部科学省(2018)高等学校学習指導要領。
- (2) 文部科学省(2017)小学校学習指導要領。中学校学習指導要領。
- (3) 文部科学省(2017)幼稚園教育要領、小・中学校学習指導要領等改訂のポイント。文部科学省 HP mext.go.jp/2019年8月確認。
- (4) 文部科学省(2018)高等学校学習指導要領改訂のポイント。文部科学省 HP mext.go.jp/2019年8月確認。
- (5) 大学入試センター(2006)理科総合A, 4-22. JS日本の学校. URL://www.js88.comより2019年7月確認。
- (6) 大学入試センター(2007)理科総合A, 4-23. JS日本の学校. URL://www.js88.comより2019年7月確認。
- (7) 大学入試センター(2008)理科総合A, 4-26. JS日本の学校. URL://www.js88.comより2019年7月確認。
- (8) 大学入試センター(2009)理科総合A, 4-28. JS日本の学校. URL://www.js88.comより2019年7月確認。
- (9) 大学入試センター(2010)理科総合A, 4-24. JS日本の学校. URL://www.js88.comより2019年7月確認。
- (10) 大学入試センター(2011)理科総合A, 4-21. JS日本の学校. URL://www.js88.comより2019年7月確認。
- (11) 大学入試センター(2012)理科総合A, 4-25. JS日本の学校. URL://www.js88.comより2019年7月確認。
- (12) 大学入試センター(2013)理科総合A, 4-26. JS日本の学校. URL://www.js88.comより2019年7月確認。
- (13) 大学入試センター(2014)理科総合A, 4-28. JS日本

の学校。URL://www.js88.comより2019年7月確認。

- (14) 川畑勝編(2018)構造的把握力検査攻略ハンドブック。学研プラス。
- (15) 泉毅,倉元直樹(2017)教育情報学研究 No. 16, 77-94。