

【投稿】

アメリカのSAT Subject Testと 日本のセンター試験の化学を 比較して

西村 能一

1. はじめに

大学入試センター試験（以下、センター試験）に変わるテストとして、中央教育審議会は平成26年（2014）12月22日の第96回総会における『新しい時代にふさわしい高大接続の実現に向けた高等学校教育、大学教育、大学入学選抜の一体的改革について』（以下、中教審答申）に基づき、平成27年（2015）1月16日文科科学大臣決定として、『高大接続改革実行プラン』を発表した。『高大接続改革実行プラン』には、「高等学校教育・大学教育・大学入学選抜を通じて、学力の三要素をはじめとした、これからの時代に求められる力を育成・評価するために、学力評価のための新テスト（「高等学校基礎学力テスト（仮称）」及び「大学入学希望者学力評価テスト（仮称）」）の在り方について一体的な検討を行うとともに、新テストの一体的実施や新たな評価方法の開発等を行う組織を整備する。」とある。中教審答申によると、新テストについては「「知識・技能」を単独で評価するのではなく、「知識・技能」と「思考力・判断力・表現力」を総合的に評価するものにしていくことが必要である。」と言っている。これらが身につけているかを確認するための新テストが、平成31年度（2019）から「高等学校基礎学力テスト（仮称）」が、平成32年度（2020）から「大学入学希望者学力評価テスト（仮称）」が実施される予定である。

それでは、文部科学省はこれまで実施されてきたセンター試験をどのように評価しているのだろうか。中教審答申の中に、「しかしながら、我が国が成熟社会を迎え、知識量のみを問う「従来型の学力」や、主体的な思考力を伴わない協調性はますます通用性に乏しくなる中、現状の高等学校教育、大学教育、大学入学者選抜は、知識の暗記・再生に偏りがちで、思考力・判断力・表現力や、主体性を持って多様な人々と協働する態度など、真の「学力」が十分に育成・評価されていない。」とある。さらには、「特に、18歳頃における一度限りの一斉受験という特殊な行事が、長い人生航路における最大の分岐点であり目標であるとする、我が国の社会全体に深く根を張った従来型の「大学入試」や、その背景にある、画一的な一斉試験で正答に関する知識の再生を一点刻みに問い、その結果の点数のみに依拠した選抜を行うことが公平であるとする、「公平性」の観念という桎梏（しっこく）は断ち切らなければならない。大学入学者選抜は、一時点の学力検査によってその後の人生を決定させるためのものではない。」とまであり、なにやら大学入試で人生を狂わされてしまったと感じている人の恨み節のようにもとれる。

果たして、センター試験などの大学入試問題が「思考力」を伴わず、「知識量」だけで解けるのであろうか。それは、大学受験の指導をする我々からすると、到底受け入れられない考え方である。一部には、知識だけで解ける問題があるのは事実だが、しっかりと考えられた問題を作っている大学の入試問題には当てはまらない。豊富な知識量は、物事を広く深く考えるためには当然必要であり、それらを生かして考えることが求められる入試問題も多数出題されている。それにも関わらず、暗記することを悪として、考えさえすれば良いのだという風潮には賛成出来ない。

では、「批判的思考力」が高いとされているアメリカの学生はどのような試験を受けて大学に進学しているのだろうか。アメリカの高校生が受験するSATについてまとめてみた。

2. SATとは

SATとはScholastic Assessment Testの略で、非営利教育団体であるCollege

Boardが主催する試験のことを指す。SATにはReasoning TestとSubject Testの二種類がある。SAT Reasoning TestはMath（数学）,Critical Reading（読解）,Writing（エッセイと文法）の三科目から構成されており、試験時間は3時間45分である。直接書き込むWritingのEssayセクション以外はすべてマークセンス形式で解答する。正解すると1問につき1点加点、間違えると1問につき0.25点減点され、無回答には得点も減点もされず、Mathの数字を書き込む部分を間違っても減点されない。各科目とも200点～800点の間で点数が付けられるが、それぞれの回の試験の受験者の得点に応じて平均が約500点となるように調整される。

SAT Subject Testは科目ごとの生徒の学力を評価する試験で、受験できる科目はLiterature, US History, World History, Biology, Chemistry, Physics, Math (Level1, Level2), Chinese, French, German, Hebrew, Italian, Japanese, Korean, Latin, Spanishがあるが、毎回全ての科目の試験が実施されるわけではない。試験時間は各科目60分で、正解すると1問につき1点加点、間違えると1問につき0.25点減点され、無回答には得点も減点もされない。200点～800点の間で点数が付けられるが、平均が500点となるような調整はされない。

多くのアメリカの大学の入学選考でReasoning Testのスコアを要求されるほか、2～3科目のSubject Testのスコアも要求される。SATは、年7回（日本などアメリカ以外では年6回）実施されており、何回でも受験が可能である。ただし、Reasoning TestとSubject Testの同日受験はできず、Subject Testは一回の受験に際して三教科までとされている。

SATは、公式Webサイト上でテストの練習が計画的に行えるようになっていたり、練習問題のPDFを配布したりもしている。解答には難易度が1～5段階で示されており（5が最も難しい）、丁寧な解説も用意されているなど学習しやすい環境が整えられている。

3. SAT Subject Test Chemistryの概要

SAT Subject Test Chemistryのテストは、PartA～Cの3つのパートから成り立っており、すべてマークセンス方式で解答し、1問正解すると1点加点され、

間違えると、1問0.25点減点されるが、無回答は得点も減点もされず、200点～800点までの点数が付けられる。時間は60分で、全部で85題が出題される。

出題範囲は、次の表の通りである。

	項目	出題割合
物質の構成	原子の構造，分子の構造，化学結合	25 %
物質の状態	気体，液体と固体，溶液	16 %
物質の変化	酸・塩基，酸化・還元，沈殿	14 %
化学量論	物質質量，反応の量的関係	14 %
平衡と反応速度	気体と液体の平衡，ルシャトリエの原理， 反応速度、活性化エネルギー	5 %
熱化学	エネルギー保存則，熱量の測定と比熱， エンタルピー変化，エントロピー	6 %
物質の各論	物質の性質，周期性，命名法，簡単な 有機化合物や環境問題に関する化合物	12 %
研究	実験装置，手順，観察，安全，計算， 分析，グラフの解釈，データの考察	8 %

アメリカの高校生が学習する内容には、日本の大学生が学ぶ内容（電子軌道、混成軌道、エントロピーなど）も一部含まれるが、ほとんどが日本の高校生と同じである。またSATでは、電気化学、複雑な有機化合物、生化学など学習は行われていても出題されない分野もある。

Part A Classification Questions

1～3の質問に関して、(A)～(E)から適切なものを一つ選ぶ形式である。

Questions 1-3 refer to the following aqueous solutions.

- (A) $0.1\ M\ \text{HCl}$
- (B) $0.1\ M\ \text{NaCl}$
- (C) $0.1\ M\ \text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$
- (D) $0.1\ M\ \text{CH}_3\text{OH}$
- (E) $0.1\ M\ \text{KOH}$

1. Is weakly acidic
2. Has the highest pH
3. Reacts with an equal volume of $0.05\ M\ \text{Ba}(\text{OH})_2$ to form a solution with $\text{pH} = 7$

Questions 4-6 refer to the following ionic species.

- (A) X^+
- (B) X^{2+}
- (C) X^{3+}
- (D) XO_3^{2-}
- (E) XO_4^{2-}

4. A type of ion found in sodium acetate
5. A type of ion found in aluminum oxide
6. A type of ion found in potassium phosphate

Questions 7-10 refer to the following atoms in the ground state.

- (A) Ar
- (B) O
- (C) S
- (D) Ti
- (E) U

7. Has the electron configuration $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^4$
8. Has the same number of electrons as Ca^{2+}

9. Has electrons in *f* orbitals

10. Is the LEAST chemically reactive

- 解答 1. C (2) 2. E (3) 3. A (4)
 4. A (3) 5. C (1) 6. A (2)
 7. C (3) 8. A (3) 9. E (2) 10. A (2)

※ () 内の1～5の数字は難易度を示す (5が最も難しい)

これらの問題は、知識を問うあるいは、簡単な計算を伴う問題である。基本的なことを問うにとどめているが、Question7～10には、日本の高校では学習しない範囲からも出題されている。また、共通の選択肢を用いて選ばせるので、関連性のある事項を理解させることができる。

センター試験では、このように、同じ選択肢を用いて複数の問題を答えさせる形式はなく、「適切なものを選ばせる」、あるいは「適切な組み合わせを選ばせる」などがある。以下に一例を示す。

2013年センター試験 化学I 追試験 第2問

問 5 次の塩 a ～ e で、その水溶液が塩基性を示すものはいくつあるか。その数を下の①～⑤のうちから一つ選べ。 12

a NH_4Cl

b CH_3COONa

c NaNO_3

d Na_2CO_3

e KCl

① 1

② 2

③ 3

④ 4

⑤ 5

解答 ②

解説

- a 強酸である HCl と、弱塩基である NH_3 からなる塩なので、加水分解により弱酸性を示す。
- b 弱酸である CH_3COOH と、強塩基である NaOH からなる塩なので、加水分解により弱塩基性を示す。
- c 強酸である HNO_3 と、強塩基である NaOH からなる塩なので、加水分解せず中性を示す。
- d 弱酸である H_2CO_3 と、強塩基である NaOH からなる塩なので、加水分解により弱塩基性を示す。
- e 強酸である HCl と強塩基である KOH からなる塩なので、加水分解せず中性を示す。
- したがって、塩基性を示す水溶液は b と d の 2 つ。

Part B Relationship Analysis Questions

2つの記述，I と II がそれぞれ正解か不正解を判断して，下の解答欄をマークする形式の問題である。

	I		II		CE*
101	☐ T	☐ F	☐ T	☐ F	☐

CE とは correct explanation のことを指し，記述 II が正しい記述 I の説明として適切な場合には CE* の欄をマークする。

I		II	
101.	The rate at which sugar dissolves in water increases with stirring	BECAUSE	stirring exposes the surface of a solute crystal to a less concentrated layer of solution.
102.	Diamond has a high melting point	BECAUSE	in a diamond crystal, the carbon atoms are held in place by ionic bonds.
103.	Potassium has a lower first ionization energy than lithium has	BECAUSE	potassium has more protons in its nucleus than lithium has.

104. Zinc metal will reduce Cu^{2+} in solution BECAUSE zinc is a more active metal than copper is.



105. If some acetic acid, $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$, is added to the equilibrium mixture represented by the equation above, the concentration of H_3O^+ decreases BECAUSE the equilibrium constant of a reaction changes as the concentration of the reactants changes.

	I	II	CE*	Diff. Level
101	☒	☐	☐	3
102	☐	☐	☐	3
103	☐	☐	☐	3
104	☐	☐	☐	4
105	☐	☐	☐	5

センター試験では、このような選択問題はなく、正誤問題は5つの文章の中から「正しいもの」もしくは「誤りを含むもの」を一つ選ぶ形式である。

2014年センター試験 化学I 本試験 第1問

問3 イオンに関連する記述として下線部に誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 4

- ① イオンからなる物質の化学式は、組成式で表される。
- ② イオン化エネルギーの小さい原子は、陽イオンになりやすい。
- ③ イオン結晶である塩化ナトリウムは、固体状態で電気を通しやすい。
- ④ イオン結晶では、陽イオンの正電荷と陰イオンの負電荷の総和がゼロとなる。
- ⑤ 0.1 mol/L の硫酸ナトリウムの水溶液 1 L には、0.3 mol のイオンが存在する。

解答 ③

解説

- ① 正 イオンからなる物質は、構成するイオンの簡単な個数比を表す組成式で表される。
- ② 正 気体状態の原子が電子を放出して、1価の陽イオンになるのに必要なエネルギーをイオン化エネルギーという。イオン化エネルギーが小さい原子は、陽イオンになりやすい。
- ③ 誤 塩化ナトリウムの結晶は、固体状態では電気伝導性は示さないが、融解液もしくは水溶液では電気伝導性を示す。
- ④ 正 結晶内では、電気的中性を保つため、陽イオンの正電荷と陰イオンの負電荷の総和はゼロとなる。
- ⑤ 正 水溶液中に存在する Na_2SO_4 の物質量は、 $0.1\text{mol/L} \times 1\text{L} = 0.1\text{mol}$ であり、水溶液中では $\text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ のように電離するため、粒子数は3倍になり 0.3mol のイオンが存在する。

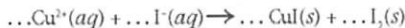
SATの正誤問題の形式は、それぞれの記述の正誤に加えて、記述全体が正しいかどうかを判断するので、より考えさせる問題となっている。センター試験の正誤問題は、複数の事柄について考えさせることができる。どちらの形式も良い点があるが、それぞれの考え方の違いが反映されている問題である。

Part C Five-Choice Completion Questions

ここでは、計算問題や、反応式の係数合わせ、実験装置やグラフに関して、(A) ~ (E) の選択肢から適切なものを一つ選びマークする五者択一問題が出題されている。

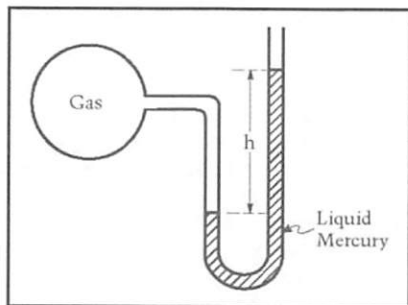
11. The hydrogen ion concentration of a solution prepared by diluting 50. mL of $0.10\text{ M HNO}_3(aq)$ with water to 500. mL of solution is

(A) 0.0010 M (B) 0.0050 M (C) 0.010 M
(D) 0.050 M (E) 1.0 M

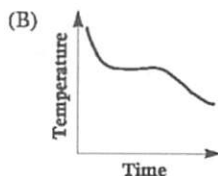
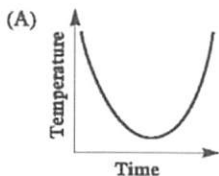


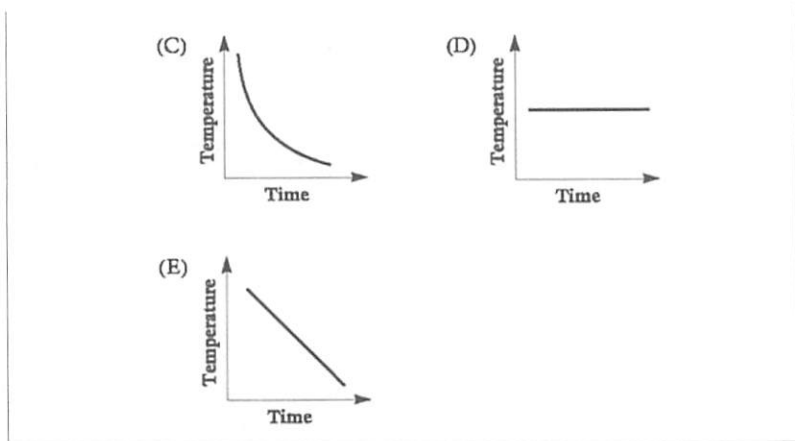
12. When the equation above is balanced and all coefficients are reduced to lowest whole-number terms, the coefficient for $\text{I}^{-}(aq)$ is

(A) 1 (B) 2 (C) 3
(D) 4 (E) 5



13. The bulb of the open-end manometer shown above contains a gas. True statements about this system include which of the following?
- I. Only atmospheric pressure is exerted on the exposed mercury surface in the right side of the tube.
 - II. The gas pressure is greater than atmospheric pressure.
 - III. The difference in the height, h , of mercury levels is equal to the pressure of the gas.
- (A) II only
 (B) III only
 (C) I and II only
 (D) I and III only
 (E) I, II, and III
14. A thermometer is placed in a test tube containing a melted pure substance. As slow cooling occurs, the thermometer is read at regular intervals until well after the sample has solidified. Which of the following types of graphs is obtained by plotting temperature *versus* time for this experiment?



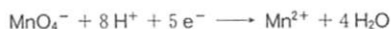
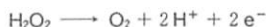


解答 11. C (3) 12. D (2) 13. C (4) 14. B (3)

計算問題に関しては、SATもセンター試験も基本的な問題となっている。特にSATは、センター試験に比べて問題文が短いので、計算問題の条件もそれほど複雑にはならない。近年のセンター試験も難易度は高くなく、基本的な事項が確かめられる良い問題となっている。両者とも電卓の持ち込みは禁止しているが、電卓がなくても解答できる計算問題である。

2015年センター試験 本試験 第2問

問 5 濃度不明の過酸化水素水 10.0 mL を希硫酸で酸性にし、これに 0.0500 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液を滴下した。滴下量が 20.0 mL のときに赤紫色が消えずにわずかに残った。過酸化水素水の濃度として最も適当な数値を、下の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、過酸化水素および過マンガン酸イオンの反応は、電子を含む次のイオン反応式で表される。 6 mol/L



① 0.0250

② 0.0400

③ 0.0500

④ 0.250

⑤ 0.400

⑥ 0.500

解答 ①

解説

H_2O_2 が出した電子 e^- の物質量和、 MnO_4^- の得た電子 e^- の物質量が過不足なく反応したときが滴定の終点となる。 KMnO_4 水溶液の濃度を $x \text{ mol/L}$ とすると、

$$0.0500 \times \frac{10.0}{1000} \times 2 = x \times \frac{20.0}{1000} \times 5 \qquad x = 0.0250 \text{ mol/L}$$

問題の条件を複雑にすると、テストの難易度にすぐに反映される。ただし、難易度の高い計算問題で、受験生の力が測れるかは疑問である。特に、日本の私立大学や国公立大学の二次試験では複雑な条件の問題が出題され、さらに一部には3桁の3乗の計算をさせるなど、化学の本質的な部分ではなく、計算ミスによって失点してしまうことも多く見られる。これでは、化学の試験ではない。複雑な計算を課すのであれば、計算ミスの影響が出ないように、電卓の使用を認めて欲しいと願うばかりである。

グラフや実験器具に関する問題も、SATとセンター試験の両方とも出題されている。グラフを読む、またはその形状を分析する力を養うことは、化学を学ぶ上で極めて重要なことである。化学は実験から現象が考察されている学問であることから、実験をテーマにした問題は多い。これらは、公式を覚えているからといって解けるわけではなく、真に化学現象を理解しているかを問うことができる。

2013年センター試験 化学I 本試験 第2問

問 6 ある程度放電した鉛蓄電池を図1のように充電したとき、電解液中の硫酸イオンの質量の増加と、電極Aの質量の変化の関係を表す直線として最も適当なものを、図2の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、電極の質量には表面に付着している固体の質量を含める。

13

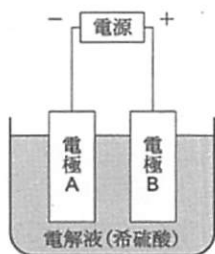


図 1

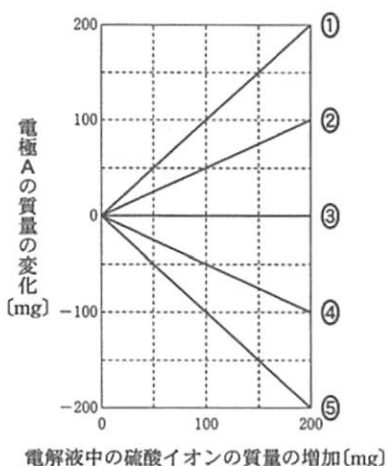


図 2

解答 ④

解説

充電時の反応式 $2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{2e^-} \text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$
 硫酸イオン SO_4^{2-} (式量 96) を 192 mg すなわち $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ とする。
 このとき流れた電子は $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 、電極 A では $\text{PbSO}_4 + 2e^- \rightarrow \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$ の反応が起きている。電子が $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 流れたとき、電極 A の質量は硫酸イオン $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ すなわち 96 mg が減少する。
 この結果をグラフから読むと、④が答えとなる。

4. おわりに

SATとセンター試験の化学のテストを比較しても、内容に大きな差はない。センター試験が、文部科学省の指摘するような「知識量」を問うだけの問題になっているわけではなく、SATと同じように化学現象の本質を理解していなければ解けない問題が出題されている。

「思考力」を問うにしても、最低限の知識を備えていなければ、考える力は生まれてこない。高校課程が終わるまでに、子どもたちに「生きる上で必要な知識」

をつけることが重要なことではないであろうか。それを、暗記重視と言って大人が避けてしまうことは、これから子どもたちにとって大きな損失である。暗記だけの大学入試と言われているが、最低限の知識がなければ、考える事ができず、ただでまかせを並べているだけに留まることになる。

したがって、大学進学への通過テストで問われるべきことは、大学入試でしか使わないような複雑な計算能力などではなく、最低限の知識を兼ね備えているかどうかを問うことである。センター試験もSATも「沈殿物の色」や「実験器具の名称」、「強酸か弱酸か」などは問われるので覚えなければならないが、これらは大学で化学を学ぶ上では必要なことである。ただし、範囲を広げてしまうと、テスト対策の学習量が増えてしまうので、範囲を限定することは必要であろう。

日本では、「試験範囲ではない＝学習しなくてよい」と考えているのが現実であるが、それでは思考力の基礎となる力は養われない。テストでは問えない範囲の学習や論述指導、実験データの分析、資料の作成、プレゼンテーションなどを高校課程の中でどれだけ取り込めるかが、「思考力」を養うのに必要となる。1年に1回限りの試験ではなくなるのだから、時期によってはテストの評価に差がある生徒が授業に混在していることになるであろう。それらのクラスには、テスト対策の勉強は全く意味をなさない。「大学入学希望者学力評価テスト（仮称）」が目標ではなく、通過点となり継続的に学習ができるようなカリキュラムに高校側も変えていなければならない。

テストを変えれば、学習の取り組み方も変わる。ただ、現状のままテストだけを変えても、高校の現場が対応できるかが不安である。教科指導と生活指導の両方を任されている高校の先生方の負担が、より一層増えてしまうことになるのではないだろうか。新しい教育方法の一つとして、教科指導と生徒指導を分けて行うことも良い方法であると提言したい。駿台予備学校の高卒クラスでは、教科指導と生徒指導が分業化されているが、生徒との間で希薄な関係になることはなく、両方がより専門的な知識をもって指導に当たれるメリットがある。

これからの入試改革が進んでいく中で、大学受験予備校は厳しい環境にある。しかし、駿台予備学校は、教育機関として生徒の「生きる力の向上」を目指す上で、今まで積み重ねてきたノウハウを高校や大学と共有し、また連携して、生徒の思考力を養う授業を続けていかなければならないという信念を確認して終わりにする。

引用・参考文献

文部科学省中央教育審議会『新しい時代にふさわしい高大接続の実現に向けた高等学校教育、大学教育、大学入学者選抜の一体的改革について』答申，2014.12.22

文部科学省中央教育審議会『高大接続改革実行プランについて』2015.01.16

楠見 孝『批判的思考力を身につける・育む』甲南女子大学国際子ども学研究センター研究誌第15号，2013，pp.75-102

池田智子『日本における批判的思考力を育成する心理学教育に関する実践的研究展望』安田女子大学紀要41，2013，pp.57-69

『GettingReadyfortheSATSubjectTest』CollegeBoard

『TheOfficialStudyGuideforAllSATSubjectTests (RealSats)』CollegeBoard

SAT公式サイト <https://sat.collegeboard.org/home>

(にしむら よしかず：駿台予備学校 化学科講師)

