

2024 年 東北大学前期日程試験【化学】講評

【総評】 今年度の化学の問題は、難易度が低いものが多い一方で、難易度のかなり高いものが 2 割ほどあるという、偏った難易度の分布になっている。具体的には 1 では問 9(2) の加水分解平衡の計算問題、2 では問 11 の沈殿平衡の計算問題はかなり時間を要する。また、3 の有機化合物の構造決定問題では、最初に提示される分子が大きく、主要な化合物の構造の決定には推理力を要し、時間内に正解に達することは難しいと思われる。以上を考え合わせると、昨年にくらべてやや難化したと考えられる。

【受験生へのアドバイス】 以上のように、東北大学の化学の入試問題は、大半が基本的な問題であり、教科書の説明をよく読み込んで学ぶことが大切である。言葉を代えて言うならば、教科書レベルの基本をしっかりと理解していないかぎり合格は難しい。化学の計算が苦手であれば、まずアボガドロ数やモルの概念をあいまいさなく理解するところから始めること、平衡の計算が苦手であれば、教科書の解説を読んで問題を解いてみること、無機化学で元素や化合物の性質が覚えられなくてつらいというのであれば、周期表の族ごとに主要な元素を暗記して、かつ電気陰性度などと結びつけて理解すること—そのように分野ごとに実力を付けるやりかたは異なるので、よい指導者に学ぶこともとても大切である。

以上のような勉強を続けていれば、やさしい問題をやさしいと一目で判断することもできるようになる。それも実力のうちであるから、難問に惑わされずに基本問題を徹底的に理解して解く学習を心がけたい。基礎力がついてきたところで、秋以降には過去問をじっくりと解いていくことを勧める。

他の教科が合否ラインにあるとした

ときの、学部ごとの合格に必要な得点

理学部	75%	歯学部	60%
医学部	80%	薬学部	65%
保健/看護	50%	工学部	60%
同 /検査	60%	農学部	60%
同 /放射線	70%	経済学部	55%

- 1 [I] 問 1～問 4 はイオン交換膜法による食塩水の電気分解と水酸化ナトリウムの製法を取り扱った問題で、ほぼそのままの図と反応式が高校の教科書に掲載されている。ほとんど完答すべきレベルであるが、問 1 の希薄な水酸化ナトリウム水溶液をあらかじめ満たしておくべき理由については、適切なキーワードを入れる必要がある。字数を気にせず記

述するならば、「電解質から生じたイオンによって電気伝導度を高めて電流が流れやすくなるため。」というあたりが十分な説明になるので、それを絞り込んで解答例とした。

問5もイオン交換膜を利用した食塩と淡水の製造法である。陽イオン交換樹脂は陽イオンのみを通過させ、陰イオン交換樹脂は陰イオンのみを通過させること、および、陽イオンは陰極側へ、陰イオンは陰極側へ移動することさえわかっていればやさしい問題である。なお、イオン交換樹脂は機能性高分子として、高分子の単元で扱われる所以、その構造や合成法はしっかり知っておきたい。

問6は水素吸蔵金属を扱っていて、目新しいものの難しくはない。解答で示した解き方はシンプルであるが、複雑に考えてしまうと計算量が増えるので気をつけること。ここでは0°C, $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ (1.00気圧) という条件が与えられているので、1 mol が 22.4 L という値を使えば、計算時間が短くなることに注意したい。気体定数 R の値と $T = 273\text{K}$ を使って計算すると時間がかかるので、本番では不利になる。なお、Ni, Pt, Pd など単体のままで水素を吸蔵する金属も非常に多く、それらを合金にすることで特性を改善したものが水素吸蔵合金であり、水素の貯蔵技術として大きな注目を集めている。なお、本問ではリード文で水素吸蔵合金に言及しているが、実験に使われているのは合金ではなく単体の金属である。したがってこの解説では水素吸蔵金属とした。

[II] 問7, 8は1価の酸である乳酸の水溶液を、水酸化ナトリウム水溶液で滴定するときの実験法と中和滴定の計算を扱っている。きわめてやさしいといってよい。

問9の(1)も基本そのものである。(2), (3)は、中和によって生じた乳酸ナトリウム水溶液が弱酸と強塩基の塩の水溶液であり、加水分解の平衡を扱っているので、式の導出が長くなり時間がかかる。ここでは、基本問題である弱酸水溶液の電離平衡における $[\text{H}^+]$ を $[\text{OH}^-]$ に、弱酸の電離定数 K_a を加水分解定数 K_h に、そして電離度 α を η に置き換えたものと考えれば、数学的には同等の問題になり、 $[\text{H}^+]$ ではなく $[\text{OH}^-]$ が求められる。酸塩基の電離平衡について、式を段取りよく導く練習をしたかどうかが問われ、実力の差が出る問題である。なお、 $K_h = \frac{K_w}{K_a}$ の関係もよく出題される。

〔2〕 [I] 問1~5まで、物質の状態、分子間力、結晶構造に関する基本事項を集めた小問集合問題である。高得点が予想されるので、うっかりミスが出ないように慎重に答えたい。なお、問5で結晶の密度を求める問題では、親切に単位格子の体積が $3.4 \times 10^{-1} \text{ nm}^3$ と問題文中に与えてあるのでそれを使うこと。図の方には単位格子の3辺の長さが書き込まれていて、その積をとっても単位格子の体積が求まるが、結局同じ答えに行き着くのであるから、時間とエネルギーを無駄に使うことになる。本番は時間との勝負である。

[II] 問6~10までは、Al, Pb, Fe の金属単体と化合物（イオン）に関する頻出問題であ

る。問7では(b)の正誤判定において、イオン化傾向だけ考えると鉛は水素を発生しながら酸に溶けると考えそうになるが、硫酸中では不溶性の PbSO_4 になることをうっかりしないようにしたい。また問10の(b)では、硫化水素は還元剤であるので Fe^{3+} を Fe^{2+} に還元する。その結果黒色の FeS が沈殿することを理解しておくこと。

問11は沈殿平衡と溶解度積を扱った問題である。(1)でpHの値を x にして、与えられた指数形式の穴埋めに利用するところは目新しいが、 $-\log_{10}[\text{H}^+] = x$ から $[\text{H}^+] = 10^{-x}$ に変形してみれば簡単である。

(2),(3)は、硫化物の沈殿が起きるpHが、 Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} では酸性から塩基性の広い範囲にわたり、 Zn^{2+} , Fe^{2+} などでは中性から塩基性の範囲になると関係した問題である。類題はよく出されているので、しっかり理解しておきたい。

3 東北大の化学入試はこの数年以上にわたって大問3題の構成であり、そのため3題目が一般的な有機化学と高分子、および生体物質の出題枠となっているために、高分子やタンパク質、糖の問題はわずかしか出ていない。この点は他の大学とはかなり異なる傾向である。今年も構造決定問題が大半で、関連で高分子の問題が少しだけ出題された。実際に今年も、エステル結合やアミド結合をもつ分子を加水分解して、その生成物の性質や反応から元の分子を突き止める典型的な出題がなされた。この種の問題を解くには、出てくる順序にこだわらずにわかるところを詰めていくのがコツである。

まず、この問題では、実験1で元の分子AがB, C, Dに加水分解されて、実験2でBがアミン、Dがカルボン酸であることが判明する。Cは中性であり、エステルを作ることからアルコールであり、かつ分子式から1価のアルコールでC=Cの二重結合をもつことがわかる。

実験3ではトルエンのo-またはp-モノニトロ化物が合成され、ニトロ基が還元されてアミノ基になる。その1つがBとなるので、Bについてはアニリンと類似でメチル基を持つ化合物であることがわかる。なお、Bがo-とp-のいずれであるかを決定するのに必要なヒントは、実験6でHがアセチルサリチル酸と推測させるかたちで与えられている。なお、この段階で、Cが1価アルコール、Bがモノアミンとわかるので、Dは2つのカルボキシ基を持つことが判明する。以下、実験を追って構造を詰めていくと、教科書を理解していれば、問5までは正解が得られる。

この問題の難所は実験9の生成物が不斉炭素原子をもたず、その一方で実験11でも同様であることの解釈である。これはなかなか分かりづらい。ひらめきが必要である。そのため、問6以降の構造決定の正解者はごく少数であったと考えられる。高分子の問題は、そこまでわかっているはずの分子を単量体として使っているので、やはり正解者は少な

かったと考えられる。

最後に構造式の書き方について付言しておく。有機化学の問題においては、構造式の形が例示されていることが通例である。その例にはなるべく従うべきであるが、化学的に妥当であれば多少の書き方の違いは減点の対象とはならない。しかし、たとえば $-CH_2=CH-$ のように原子価を誤った構造を書いてしまうと、必ず減点されると考えたほうがよい。化学の専門家は、構造式が正しいか否かを一目で判定するのである。