



# 入試問題研究

今回vol.4では入試直前期ということもあり前号に続き、現役生と既卒生とで得点差がつきやすい問題・科目として【化学】と【小論文】を取り上げます。ぜひチャレンジしてみてください。

医学部への合格 *on the road*

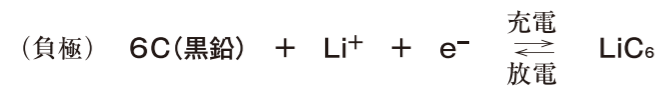
岡山大学/東京慈恵会医科大学・化学

## 2019年度 岡山大学医学部入試問題 第3問より抜粋

第3問 問2 ※ 紙面の都合上、問題文は一部だけ掲載します。

リチウムイオン電池では、主に正極活物質にコバルト酸リチウム(LiCoO<sub>2</sub>)などの金属酸化物、負極活物質にリチウムを含む炭素が用いられている。(中略) 電池の充電時には、リチウムイオンが電解液を経由して正極から負極に移動し、放電時には逆向きに移動する。

(4) 標準的なリチウムイオン電池の負極では、充電時に黒鉛(C)にリチウムイオンが入り、充電率100%(満充電)でLiC<sub>6</sub>になる。また、正極では充電によりLiCoO<sub>2</sub>からリチウムイオンが抜け出す。満充電になるまでに正極の約半分のリチウムが出て負極に移動するが、残りの約半分は満充電でも正極に残った状態になる。正極から負極に移動するリチウムと正極内に残るリチウムが等量であるとした場合、この電池の負極と正極の反応について、それぞれ反応式で示すと以下ようになる。



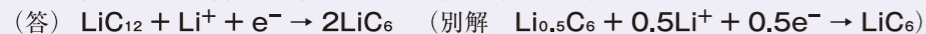
上式では、それぞれ左辺が充電率0%、右辺が充電率100%(満充電)の状態に対応している。以上の前提に基づいて、以下の設問a)~c)に答えよ。

ただし、ここでは原子量にはLi=7.00, C=12.0, O=16.0, Co=59.0を用いよ。

- a) リチウムイオン電池を使用していたところ、充電率が50%まで減少したため、満充電になるまで充電した。この電池の充電率50%から満充電までの充電について、負極の反応式を記せ。ただし、充電率50%における負極の組成式はLiC<sub>12</sub>(Li<sub>0.5</sub>C<sub>6</sub>と表記してもよい)であり、満充電のときの組成式はLiC<sub>6</sub>であるとする。
- b) 設問a)で用いた電池において、負極の炭素(黒鉛)の質量が1.44gであった場合、充電率50%から満充電までの充電操作により電池に充電された電気量は何クーロン(C)か。整数で答えよ。ただし、ファラデー定数を9.65×10<sup>4</sup>C/molとする。
- c) 一般的に、リチウムイオン電池は正極と負極の充電容量(蓄えることができる電気量)が正確に一致するように、それぞれの電極活物質の質量を決めてつくられている。負極として黒鉛1.44gを用いた場合、正極活物質としてLiCoO<sub>2</sub>を何g用いれば正極と負極の充電容量が等しくなるか。有効数字3桁で記せ。

### 解法・解答

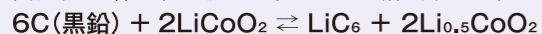
a) LiC<sub>12</sub>(充電率50%), LiC<sub>6</sub>(充電率100%)より、次のようになる。



b) a)の反応式の係数比より、(LiC<sub>12</sub>の物質質量) = (e<sup>-</sup>の物質質量)となる。LiC<sub>12</sub>中の炭素(C<sub>12</sub>(式量:144))1.44gあたりの電気量をx(C)とおくと、

$$\frac{1.44}{144} = \frac{x}{9.65 \times 10^4} \\ x = 965 \quad (\text{答}) \quad 965\text{C}$$

c) 問題文の各電極の反応式からe<sup>-</sup>を消去すると、



となる。黒鉛1.44gあたりのコバルト酸リチウムLiCoO<sub>2</sub>(式量:98.0)の質量をy(g)とおくと係数比より、

$$\frac{1.44}{12.0} : \frac{y}{98.0} = 6:2 \\ y = 3.92 \quad (\text{答}) \quad 3.92\text{g}$$

### 解説

今回、リチウムイオン電池の入試問題を取り上げた。周知のとおり、2019年ノーベル化学賞の研究である。吉野彰博士の開発したリチウムイオン電池は繰り返し充電可能な二次電池であり、安全性が高い。負極に黒鉛を用いることで、さまざまな問題を解決して実用化に至った経緯がある(※1)。入試問題として捉えると、ダニエル電池、鉛蓄電池、燃料電池とくらべて、多くの現役生が苦手とする電池である。2019年度の北海道大学(前期)Ⅱのほかに、2010年度東京大学、2014年度名古屋大学などにおいて出題されているので、参考にしていきたい。今後、日常生活でリチウムイオン電池の実用性がさらに高まり、国公立大学医学部をはじめ、私立大学医学部での出題も増加すると考えられる。今回、充電率50%から100%までの充電を考えるという特殊な設定であるが、リチウムイオン電池の本質的な理解を進めるきっかけにしてほしい。また、ノーベル賞受賞が期待されている酸化チタン(IV)TiO<sub>2</sub>の「本多・藤嶋効果」に関する入試問題が、2019年度東北大学(前期)Ⅱ〔Ⅱ〕で出題された。紫外線をTiO<sub>2</sub>に照射すると電子が流れる性質についても理解を深めておこう。掲載されている化学図説(※2)などで確認をしておくとうい。

(※1) 吉野彰『リチウムイオン電池が未来を拓く 発明者・吉野 彰が語る開発秘話』(シーエムシー出版 2016年)に詳しい経緯が掲載されている。

(※2) 『サイエンスビュー 化学総合資料 四訂版』(実教出版)p.195

## 2019年度 東京慈恵会医科大学医学部入試問題 4.より抜粋

4. 問5 あるニトロセルロース試料を元素分析したところ、これに含まれる窒素(N)の質量分率は13%であった。このニトロセルロースでは、β-グルコース1単位当たり平均何個のヒドロキシ基が硝酸エステル化されているかを有効数字2桁で答えよ。なお、このニトロセルロースの分子量は十分大きいので、末端の分子構造を考慮する必要はない。原子量:H 1.00, C:12.0, N:14.0, O:16.0

### 解法・解答

求める平均個数をx(個)とおく。ニトロセルロース[C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>O<sub>2</sub>(ONO<sub>2</sub>)<sub>x</sub>(OH)<sub>3-x</sub>]<sub>n</sub> (分子量:(162+45.0x)n)中の全N原子(14.0xn)が13%であるため、

$$\frac{14.0xn}{(162+45.0x)n} \times 100 = 13 \\ x = 2.58 \approx 2.6 \quad (\text{答}) \quad 2.6\text{個}$$

### 解説

現役生の解法の特徴として、有機化学や高分子化学分野における計算問題に時間をとられることが多い。この理由の一つに、分子量や式量を計算して時間がかかる上に、焦りもあって計算精度が下がってしまうことがある。多くの私立大学医学部では、理科1科目あたり50~60分前後の試験時間である。そのなかで、理論化学、無機化学、有機化学、高分子化学とさまざまな分野の問題を解かなければならない。特に近年、高分子化学の計算問題が多くなってきている。周期表やイオン化傾向などで、ごろ合わせを使う受験生が多い。分子量や式量でも、この手法で把握しておくとういだろう。例えば、PET(192n「行くに(192)ペット」)、ナイロン66(226n「2.26事件」)、ナイロン6は、この半分の113n)、トリアセチルセルロース(288n「庭や(288)のトリ」)など覚え方を少し工夫することで、問題攻略力を上げられる。今回のニトロセルロースでも、(162(→色に)、45(→ヨコ))など工夫してみよう。あらかじめ数値を覚えているメリットは、問題の条件設定で少々のズレが生じる場合でも、その数値と照らし合わせることで、計算間違いに気づける可能性が高くなる。

### 講評

医学部入試において化学のカギになるのは、化学的事項の理解と暗記、そして計算力である。現役生と既卒生では、基本事項の理解まではそれほど変わらない。差が出やすいのは、基本原理の上で成り立つ応用的なシステムの理解と計算の工夫である。今回、応用的な側面でリチウムイオン電池を取り上げた。電子を含むイオン反応式を何度も見たことがあるのに、演習不足で定着が不十分だと入試本番で解くことが難しい。また計算のスピードと精度の向上のきっかけに、高分子化学の計算問題を取り上げた。試験の都度、計算してしまう数値などを前もって押さえておくことで、少しでも余裕を作り出しておきたいところである。この機会にしっかり対策を進めておこう。

(メディカルラボ 化学科講師 早川泰之)