

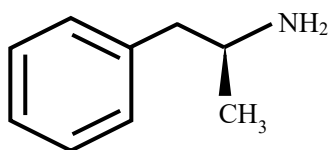
強者の戦略

前回の、クロマトグラフィーについての問題の解答・解説です。

予定通りなら、この解答・解説がアップロードされるころには東京オリンピックは閉会しているはずですが。数々のドラマが生み出されましたね。感動を分け与えてくれた選手たちは、才能に恵まれた人でしょうか。それとも運を味方につけた人でしょうか。それもあるでしょうが、強い想いで不断の努力を成し遂げた人ではないでしょうか。人の心を動かすのは、心が燃えている人でしょう。

ところで、本問のテーマであるドーピングは、何が問題であるかご存じですか。「薬物の力をかりて勝つなんてズルい!」確かにそうかも知れません。しかし、勝負のために利用できるものを利用するのは道理です。陸上競技なら高反発なシューズを用いるでしょうし、水泳競技なら抵抗が削減されたウェアを着用するでしょう。では、なぜ薬物はダメなのか。

本問の本文中でも記載がある通り、ドーピングは公平性を欠くことも確かですが、何より選手の健康を害してしまいます。1960年のローマオリンピックで、自転車ロードレースの選手イエンセンが競技中に意識を失い転倒・死亡しました。このとき検死をした医師がイエンセンの体内から多量のアンフェタミンが検出されたことを報告しました。アンフェタミンは、本問で取り上げられているメタンフェタミンと並んで、覚醒剤取締法で覚醒剤に定義されている興奮剤です。メタンフェタミンと構造が類似しています。



アンフェタミン

これを受けて、オリンピックでは1968年のグルノーブルオリンピックとメキシコシティオリンピックから、ドーピング検査が行われるようになりました。1988年のソウルオリンピックでは、陸上競技の注目選手ベン・ジョンソンが100 mで9秒79という当時の世界新記録で優勝しつつも、筋肉増強剤としてはたらくスタノゾロールが検出され、金メダルがはく奪されました。

なおドーピング違反には、他者からの薬物の混入によるドーピング違反もあり、これをパラドーピングといいます。2017年に日本で開催されたカヌーの大会で、ライバル選手をドーピング違反に陥れるために、そのライバルの飲み物に筋肉増強剤であるメタンジエノン（メタンジエノン）を混入させるという事件がありました。

また、処方された医薬品に含まれる成分が禁止薬剤であり、ドーピング違反となる場合もあります。本問で取り上げられているエフェドリンは、興奮剤であるとともに気管支拡張剤です。1972年のミュンヘンオリンピックでは喘息を患っている選手からエフェドリンが検出され、メダルがはく奪されたケースもありました。

強者の戦略

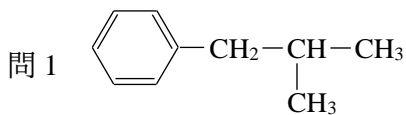
オリンピックをはじめ、さまざまな大会で選手がドーピングをしていないか検査します。提出された尿から禁止薬物を検出する技術は年々進歩しています。先述のスタノゾロールは 1980 年代前半までは検出が難しい物質でした。しかし、技術の進歩により検出されるに至った可能性があります。

物質の分離・検出法の一つに、本問で取り上げられているクロマトグラフィーがあります。クロマトグラフィーは、極めて優秀な検出法として知られています。以下、学術系 Vtuber の「元素学たん」から教えていただいた話です。「ランタノイド」といわれる極めて性質の類似した 15 種類の元素があります。これらの元素を、人類が自然界からすべて分離・発見するのにかかった年月はおよそ 100 年でした。が、今はクロマトグラフィーを用いることで、ものの 10 分程度で分離が可能なのだそうです。いかに優れているかが良く分かる話です。

クロマトグラフィーは、今年 2021 年の大学入学共通テストでも出題されていました。今後、出題頻度が高くなる可能性もあります。本問における本文中の「3.クロマトグラフィーの原理」などは、しっかり理解しておいてください。

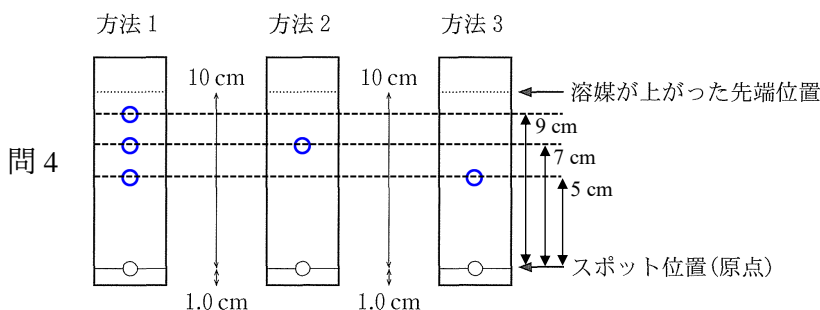
それでは、以下は解答・解説です。じっくり時間をかけて考えると解ける問題もありますので、問題にチャレンジしていないという方は、まずはそちらに取り組んでください。

【解答】



問 2 過塩素酸は強酸であるので、タンパク質が変性し、凝集したため。

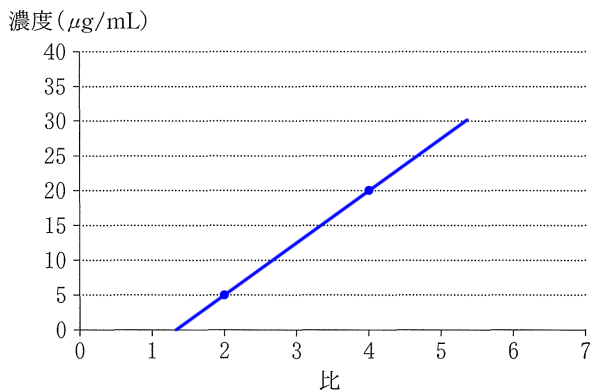
問 3 6.0 cm



強者の戦略

- 問5 (a) イソブチルベンゼン
(b) メタンフェタミン
(c) エフェドリン

問6 式 … $y=7.5x-10$



問7 13 $\mu\text{g/mL}$, 陽性

【解説】

- 問1 イソブチル基とは 2-メチルプロピル基のこと。「イソ」はギリシャ語で「同じ」という意味で、分枝アルキル基を表すのに用いられる接頭辞である。
- 問2 タンパク質は、加熱、酸、塩基、アルコール、有機溶媒などを加えると、高次構造がほどけ、凝集しやすくなり、凝固する。この現象を変性という。過塩素酸は硫酸よりも強い強酸であるため、変性が起こる判断できる。
- 問3 Rf 値が 0.5 であることから、エフェドリンの上がった距離は $10 \times 0.5 = 5.0 \text{ cm}$ と分かる。ただし、スポットの位置が薄層固定相の下端から 1.0 cm であるので、下端からの距離は、 $5.0 + 1.0 = 6.0 \text{ cm}$ となる。
- 問4 本文中で与えられている、薄層固定相に対する官能基の吸着力が アミノ基 > カルボキシ基 > ヒドロキシ基 > メチル基 の順であることから、最も吸着力が強いのはアミノ基とヒドロキシ基をもつエフェドリン、次いで吸着力が強いのはアミノ基のみをもつメタンフェタミンであり、イソブチルベンゼンは最も吸着されにくいとわかる。したがって、イソブチルベンゼンがもっとも上がり、メタンフェタミンが次に上まで上がる。Rf 値が 0.7 と 0.9 であることから、イソブチルベンゼンの上がった距離は 9.0 cm、メタンフェタミンの上がった距離は 7.0 cm と分かる。

強者の戦略

よって、方法 1 ではすべての対象薬物と反応が起こるので、5.0 cm, 7.0 cm, 9.0 cm のいずれも呈色が見られる。方法 2 ではメタンフェタミンが反応するので、7.0 cm, 方法 3 ではエフェドリンが反応するので 5.0 cm で呈色が見られる。

問 5 固定相に吸着されやすいほど、カラムを通過する時間が長くなる。したがって、ピークが現れるまでの時間が長くなる。よって、(c)がエフェドリン、(b)がメタンフェタミン、(a)がイソブチルベンゼンである。

問 6 横軸の「イソブチルベンゼン濃度に対するエフェドリン濃度の比」は、「イソブチルベンゼンのピークの高さに対するエフェドリンのピークの高さの比」に対応する。したがって、エフェドリン濃度が $5 \mu\text{g/mL}$ のときは $10 \div 5 = 2$ であり、エフェドリン濃度が $20 \mu\text{g/mL}$ のときは $32 \div 8 = 4$ である。したがって、検量線は(2,5)と(4,20)を通る直線のグラフとなる。

問 7 尿検体試料においては、「イソブチルベンゼンのピークの高さに対するエフェドリンのピークの高さの比」は、 $21 \div 7 = 3$ である。したがって、尿中のエフェドリンの濃度は問 6 で導き出された式にこの比の値を代入し、 $7.5 \times 3 - 10 = 12.5 \mu\text{g/mL}$ と求めることができる。本文最初のドーピングについての説明中で、尿中エフェドリン濃度が $10 \mu\text{g/mL}$ 以上でドーピング検査上違反となることが示されているため、陽性であると判断できる。

いかがだったでしょうか。ゴチャゴチャしているようですが、必要なヒントはほとんどすべて、本文中に書いてありました。化学力もさることながら、適切な処理をいかに素早く的確にできたかが勝負を分けたのではないのでしょうか。もし、途中で投げ出してしまっていたなら、今一度じっくり時間をかけて解いてみてください。

先だって開催された東京オリンピックでは、偏微分方程式を研究する数学者であるキーゼンホファーが自転車ロードレースで金メダルを取り、話題となりました。もしかしたら、これをご覧のみなさんも、いずれオリンピックに出場されることになるかも知れません。間違っても薬物に手を染めず、正々堂々戦ってもらいたいと思います。応援しています。