

東京慈恵会医科大学 化学

2025年 2月 11日実施

1.

I.

問 1 ${}_{12}\text{Mg}$ 原子は K 殻に 2 個, L 殻に 8 個, M 殻に 2 個の電子が配置されている。貴ガスの最外殻電子数は He で 2, それ以外では 8 である。

(答)ア:M イ:2 ウ:18 エ: ${}_2\text{He}$ オ:8 カ:典型元素 キ:遷移元素 ク:10

問 2 陽子と中性子(まとめて核子という)の数の比が同じ原子核であっても, 相対質量と原子番号の間に厳密な比例関係は成り立たない。これは質量欠損と呼ばれる現象によるものであり, 核子の一部の質量がエネルギーとして放出されるためである。

質量欠損とは, 原子核の質量が, それを構成する核子の質量の総和よりもわずかに小さくなることである。これは核子が結合して原子核が形成される際に放出される結合エネルギーに対応する。 ${}_{12}^{24}\text{Mg}$ は ${}_{6}^{12}\text{C}$ より多くの核子を持つため, 結合エネルギーが大きくなり, 質量欠損も増加する。その結果, ${}_{12}^{24}\text{Mg}$ の質量は ${}_{6}^{12}\text{C}$ の 2 倍 (24.000) よりわずかに小さくなり, 実際には 23.985 となる。

(e) 以外の選択肢のうち, (c)・(d)・(f) は内容として正しいが, 下線部①の理由の説明にはなっていない。

(答)(e)

II.

問 3 ベクレル(単位記号は Bq)は「放射能」の SI 単位である。「放射能」は問題にある「1 秒間に起こる原子の壊変数」のことである。時刻 t における放射能を $A(t)$, 半減期を T とすると, 放射能の減衰は次のように指数関数で表される。なお, ${}^{131}\text{I}$ と ${}^{137}\text{Cs}$ を区別するために下付き添え字を付けることにする。

$$A_{\text{I}}(t) = A_{\text{I}}(0) \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{\text{I}}}}, \quad A_{\text{Cs}}(t) = A_{\text{Cs}}(0) \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{\text{Cs}}}}$$

${}^{137}\text{Cs}$ の半減期である 30 年は非常に長く, 16 日はそれに比べて極めて短いので, 16 日後でも時間 $t = 0$ から ${}^{137}\text{Cs}$ の数は変わらないと見なせる。よって, 初期条件と 16 日後の放射能について, 次の 2 式が成り立つ。

$$\begin{aligned} A_{\text{I}}(0) + A_{\text{Cs}}(0) &= 5.0 \times 10^5 \text{ Bq} \\ A_{\text{I}}(0) \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{16 \text{ d}}{8.0 \text{ d}}} + A_{\text{Cs}}(0) \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{16 \text{ d}}{30 \text{ y}}} &\cong A_{\text{I}}(0) \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{16 \text{ d}}{8.0 \text{ d}}} + A_{\text{Cs}}(0) = 3.5 \times 10^5 \text{ Bq} \\ \therefore A_{\text{I}}(0) &= 2.0 \times 10^5 \text{ Bq}, \quad A_{\text{Cs}}(0) = 3.0 \times 10^5 \text{ Bq} \end{aligned}$$

以上より, ${}^{131}\text{I}$ からの放射能の割合は次のようになる。

$$\frac{A_{\text{I}}(0)}{A_{\text{I}}(0) + A_{\text{Cs}}(0)} \times 100 \% = \frac{2.0 \times 10^5 \text{ Bq}}{(2.0 \times 10^5 + 3.0 \times 10^5) \text{ Bq}} \times 100 \% = 40 \%$$

(答) 40 %

問 4 ^{131}I の壊変は ^{137}Cs の壊変に比べてはるかに速く、例えば 32 日 (約 1 か月) 後には初めの $\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{32\text{ d}}{8.0\text{ d}}} = \frac{1}{16}$ 倍になっているが、この時間は ^{137}Cs の半減期の 0.3 % 程度に過ぎず、 ^{137}Cs は初めからほとんど壊変していない (計算すると 0.2 % 程度になる)。よって、求める時間 t (数十年間) においては ^{137}Cs の減衰が支配的となり、次のように ^{137}Cs の減衰のみを考えて立式してよい。

$$A_{\text{I}}(t) + A_{\text{Cs}}(t) \doteq A_{\text{Cs}}(t) = A_{\text{Cs}}(0) \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{\text{Cs}}}}$$

$$1.0 \times 10^5 \text{ Bq} = 3.0 \times 10^5 \text{ Bq} \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{\text{Cs}}}}$$

両辺の常用対数を取って整理する。

$$\frac{1}{3} = \frac{t}{T_{\text{Cs}}} \log_{10} \frac{1}{2}$$

$$\therefore t = \frac{\log_{10} 3}{\log_{10} 2} \times T_{\text{Cs}} = \frac{0.48}{0.30} \times 30 \text{ y} = 48 \text{ y}$$

(答) 48 年

III.

- 問 5 (a) 現実の世界における水素の原子量は約 1.0, 仮想世界における水素の原子量は約 1.5 である。(正)
- (b) 水の密度は水素の原子量に影響を受ける。仮想世界では、水素の原子量が 1.5 に変化するため、水の分子量も大きくなり、その結果、密度も増加すると考えられる。したがって、現実の世界における水と仮想世界の水では密度が異なる。(正)
- (c) 1 mol は物質の種類に関係なく一定の個数 (アボガドロ定数: $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ に対応する) の集団である。仮想世界でも、水の分子量は変化するが、1 mol 当たりの分子数は変わらないため、現実の世界における水と違いはない。(誤)
- (d) ルシャトリエの原理は、外部から加えられた変化に対して、それを緩和する方向に平衡が移動するという原理であり、物質の種類には依存しない。したがって、水素の同位体組成が異なる仮想世界においても、この原理は成立する。(正)
- (e) ボイルの法則 ($PV = \text{一定}$) は、気体の性質ではなく、気体分子の運動による一般的な性質に基づく法則である。したがって、水素の質量が異なっても、理想気体の性質が保たれる限り、ボイルの法則は成立する。(誤)
- (f) ドルトンの分圧の法則 (混合気体の全圧は各成分気体の分圧の和に等しい) は、気体分子どうしの相互作用がない理想気体において成立する法則である。仮想世界においても気体分子の振る舞いが変わらなければ、この法則は成立する。(正)
- (g) 気体定数 R は、ボイル・シャルルの法則を基に導かれる普遍的な定数であり、気体の種類や質量に依存しない。したがって、水素の原子量が異なる仮想世界でも、気体定数の値は変わらない。(誤)

- (h) 質量パーセント濃度は溶液全体の質量に対する溶質の質量の割合である。例えば、5% NaCl 水溶液が 100 g であれば、NaCl は 5 g、水は 95 g となる。この計算は、仮想世界でも同じ質量パーセント濃度・同じ質量の水溶液であれば NaCl の質量も変わらない。また、NaCl の式量 (58.5) は仮想世界でも変化しないため、NaCl の物質量も変わらない。(正)
- (i) 質量モル濃度 [mol/kg] は「溶媒 1 kg 当たりの溶質の物質量」で定義されるため、水の質量が基準となる。仮想世界では水の分子量が $\frac{1.5 \times 2 + 16}{1.0 \times 2 + 16} = \frac{19}{18}$ 倍 になるため、同じ体積の水の質量が増加する。これにより、同じ体積の水溶液中に含まれる水の質量が異なり、結果として NaCl の質量も異なる。(誤)
- (j) 水への溶解度は、極性の強さや水素結合の形成能力に依存する。エタノールは水と水素結合を形成できる極性分子であるため水によく溶ける。一方、ジエチルエーテルは極性が低く、水素結合を形成しないため水に溶けにくい。仮想世界で水の分子量が変化しても、水素結合や極性の性質は大きく変わらないため、ジエチルエーテルの水への溶解度がエタノールより大きくなることはない。(誤)
- (答) (a)・(b)・(d)・(f)・(h)

2.

問 1 グルコース ($C_6H_{12}O_6$) は、多数のヒドロキシ基を持ち、分子内で強い極性を持つ。これにより、水と水素結合を形成しやすく、極性分子としての性質を示す。

ヘキサン (C_6H_{14}) は、炭素と水素のみで構成される炭化水素であり、分子内に極性を生じる官能基を持たないため、無極性分子である。

四塩化炭素 (CCl_4) は、各 C-Cl 結合自体は極性を持つが、分子全体の形が正四面体対称であるため、極性が打ち消される。その結果、無極性分子となる。

(答) 単糖：極性分子・無極性分子

(答) ヘキサン：極性分子・無極性分子

(答) 四塩化炭素：極性分子・無極性分子

問 2 (i) 多糖 A は植物性の水溶性多糖なのでアミロースと考えられる。アミロペクチンは分岐構造を持つデンプンであるが、水との親和性はアミロースほど高くなく、冷水には溶けにくい。グリコーゲンアミロペクチンよりも多くの分岐を持つが、そのため水との接触面積が広くなり、水和しやすく水に溶けやすいが、動物性であり該当しない。セルロースは β -1,4 結合による強固な水素結合ネットワークのため水に全く溶けない。

下線部①はヨウ素デンプン反応に陰性であることを示しており、アミロースの加水分解が起こったことが示唆されている。ここで、多糖 A とともに酸は加えられていないので、タンパク質 B はアミロースの加水分解酵素であるアミラーゼと考えられる。最終的にアミロースは二糖のマルトース(化合物 E)まで加水分解される。

(答) (e)

- (ii) 酵素は、生体内で起こる化学反応を触媒するタンパク質であり、反応の活性化エネルギーを低下させることで反応速度を大幅に向上させる。基質特異性を持ち、特定の基質と結合して酵素－基質複合体を形成し、反応を進行させる。多くの酵素は最適温度や最適 pH を持ち、生体環境に応じた活性調節を受ける。

(答) 酵素

- (iii) タンパク質 B の分子量を M とすると、ファントホッフの法則より次式が成立する。

$$83.1 \text{ Pa} \times 6.2 \times 10^{-3} \text{ L} = \frac{0.0112 \text{ g}}{M \text{ g/mol}} \times 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \times 310 \text{ K}$$

$$\therefore M = 5.60 \times 10^4$$

(答) 5.6×10^4

- 問 3 多糖 A (アミロース) は全てマルトース (342 g/mol) になっているので袋の外側に出てくるが、タンパク質 B (アミラーゼ) は袋の中にとどまる。ヘキサンを加えて分液すると、上層のヘキサン層には何も溶けておらず、下層の水層には化合物 E (マルトース) が溶けている。マルトースは還元性を持つので (d) の銀鏡反応が観測される。

(答) 溶液 C: (f), 溶液 D: (d)

- 問 4 凝固点降下が等しいので、全溶質粒子の質量モル濃度は等しい。求める CsI の質量を $x \text{ g}$ とすると、 $\text{CsI} \rightarrow \text{Cs}^+ + \text{I}^-$ の電離に気を付けて、次式が成立する。

$$\frac{0.171 \text{ g}}{342 \text{ g/mol}} \times \frac{1}{5.20 \text{ g}} = 2 \times \frac{x \text{ g}}{260 \text{ g/mol}} \times \frac{1}{(32.40 - x) \text{ g}}$$

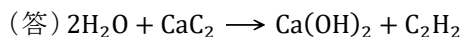
$$\therefore x \text{ g} = 0.400 \text{ g}$$

(答) 0.40 g

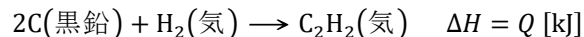
- 問 5 【実験 2】では、タンパク質 B (アミラーゼ) にリン酸などの酸性物質を加えているため、タンパク質の変性によりアミラーゼが凝固したと考えられる。

(答) (b)

- 問 6 (i) これはアセチレンを実験室で発生させる方法でもある。



- (ii) 発生した気体はアセチレンであり、その生成エンタルピーを表す化学反応式は



と表せる。ヘスの法則より、反応エンタルピーは、反応物の燃焼エンタルピーの総和から、生成物の燃焼エンタルピーの総和を引いたものになる。

$$Q = \{2 \times (-394) + (-286)\} \text{ kJ} - (-1301 \text{ kJ}) = 227 \text{ kJ}$$

(答) 生成エンタルピー: +227 kJ/mol (または生成熱: -227 kJ/mol)

- (iii) 【実験 2】で四塩化炭素を加えたとき、水に不溶である脂肪酸は四塩化炭素層（下層）に溶ける。水層（上層）にはマルトースおよびリン酸と炭酸が溶けている。これに硫酸を加えて加熱している間、発生している下線部③の気体は二酸化炭素である。これが発生しなくなるまで長時間加熱したので、溶液 F には炭酸は残っておらず（問題文にも言及がある）、硫酸とリン酸が中和反応に関与する。

用いた硫酸の物質量は

$$18 \text{ mol/L} \times 0.61 \times 10^{-3} \text{ L} = 1.09 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

であるから、リン酸の物質量を $y \text{ mol}$ とすると、中和反応の量的関係より次式が成り立つ。

$$1.09 \times 10^{-2} \text{ mol} \times 2 \text{ 価} + y \text{ mol} \times 3 \text{ 価} = \frac{3.70 \text{ g}}{74.0 \text{ g/mol}} \times 2 \text{ 価}$$

$$\therefore y \text{ mol} = 2.60 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

(答) 硫酸: $1.1 \times 10^{-2} \text{ mol}$, リン酸: $2.6 \times 10^{-2} \text{ mol}$

- 問 7 硫酸を加えて加熱しているとき、二糖のマルトースは加水分解されて単糖のグルコースを生じている。

(答) グルコース

- 問 8 混合物 H にはミリスチン酸、パルミチン酸、リノレン酸が含まれる。これらのうち、ミリスチン酸とパルミチン酸は飽和脂肪酸で水素は付加しないが、リノレン酸は分子内に 3 個の $\text{C}=\text{C}$ を持つので、その物質量は次の通りである。

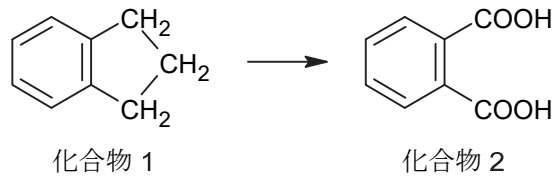
$$0.036 \text{ mol} \times \frac{1}{3} = 0.012 \text{ mol}$$

(答) リノレン酸, 0.012 mol

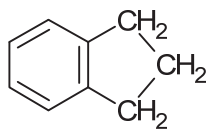
3.

I.

問 1 化合物 1 は水素と反応しないので、ベンゼン環以外に不飽和結合を持たない。それを酸化して得られた化合物 2 はベンゼン環に 2 個のカルボキシ基が結合したもの(フタル酸、イソフタル酸、テレフタル酸のいずれか)である。よって、酸化の際に環が開裂したと考えられる。「炭素間結合の結合はひずみをほとんどたない」ことから、化合物 2 はオルト体のフタル酸と分かる。



(答)



問 2 (答)ア:オルト イ:フタル酸

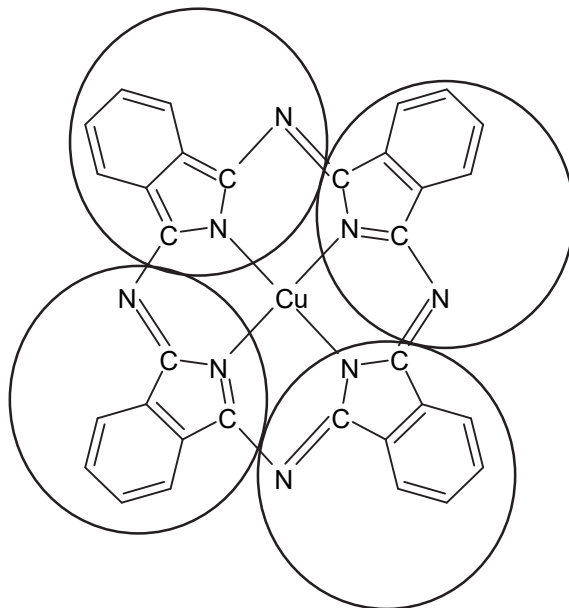
問 3 フタル酸ジエステルは、合成樹脂に柔軟性や弾性を持たせるために添加される可塑剤の一種として広く使用されてきた。特に、塩化ビニル樹脂の可塑剤としてよく使われている。

(答)熱可塑性樹脂

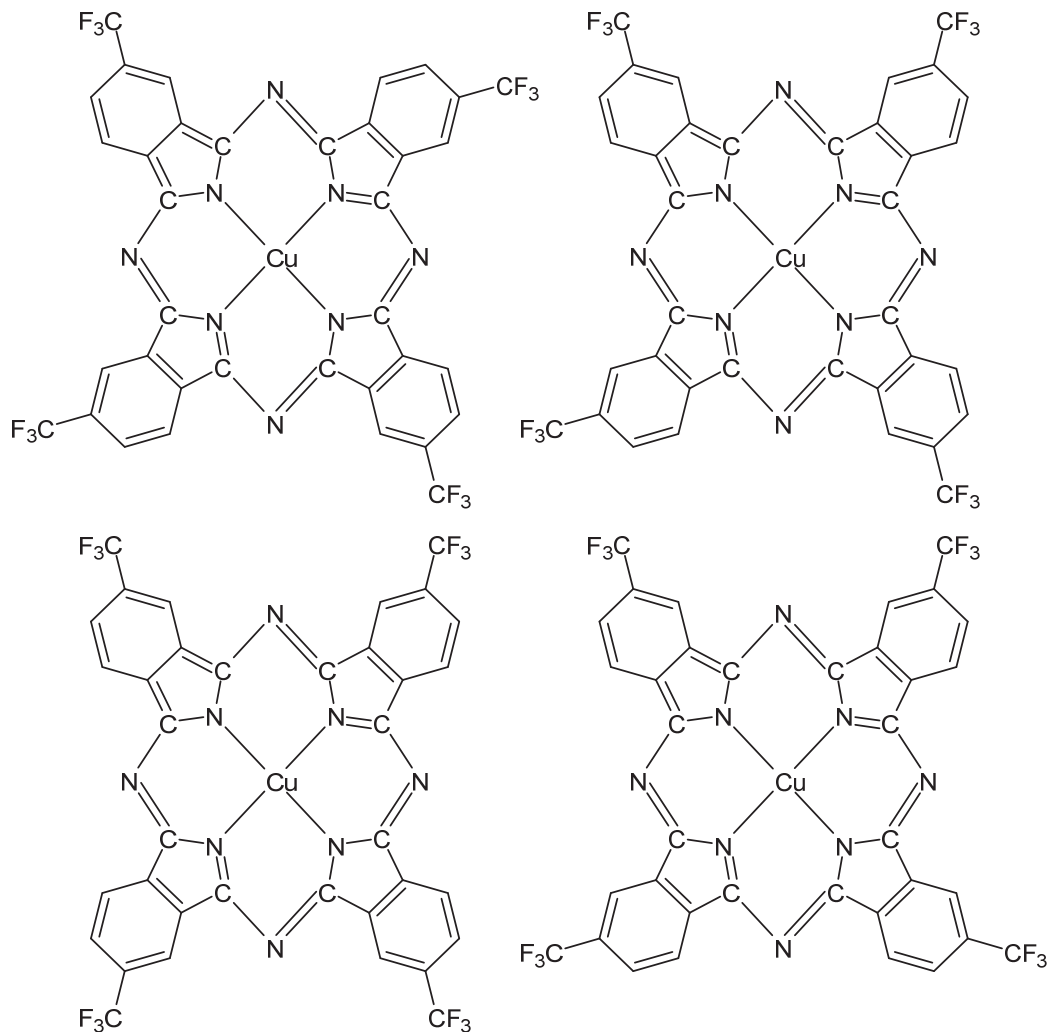
II.

問 4 下図の○で囲った部分を見ると、左上の○だけ他と違うように見えるが、実際には共鳴構造を取るため等価である。このことは問題文中にも書かれている。問 5 で誘導体の構造異性体を考えるときに注意したい。

(答)



問 5 以下の 4 種類が考えられる。



これは右図のような数珠順列を参考に考えるとよい。なお、一点鎖線は補助線である。①・②, ③・④, ⑤・⑥, ⑦・⑧のうち、それぞれどちらか一方の番号を選択する方法の数は、求める銅フタロシアニン誘導体の構造異性体の数と等しい。

まず、①を選択してしまっても一般性を失わない。残りの 3 つの番号の組み合わせは

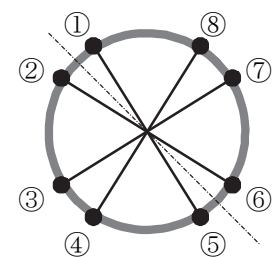
$$\textcircled{3}\textcircled{5}\textcircled{7}, \textcircled{3}\textcircled{5}\textcircled{8}, \textcircled{3}\textcircled{6}\textcircled{7}, \textcircled{3}\textcircled{6}\textcircled{8}, \textcircled{4}\textcircled{5}\textcircled{7}, \textcircled{4}\textcircled{5}\textcircled{8}, \textcircled{4}\textcircled{6}\textcircled{7}, \textcircled{4}\textcircled{6}\textcircled{8}$$

の $2^3 = 8$ 通りとなる。ここで、一点鎖線を軸として反転させると、同じものが 2 つずつあることが分かる。すなわち、① \rightleftharpoons ②, ③ \rightleftharpoons ⑧, ④ \rightleftharpoons ⑦, ⑤ \rightleftharpoons ⑥の対応関係となるので、

$$\textcircled{3}\textcircled{5}\textcircled{7} = \textcircled{4}\textcircled{6}\textcircled{8}, \textcircled{3}\textcircled{5}\textcircled{8} = \textcircled{3}\textcircled{6}\textcircled{8}, \textcircled{3}\textcircled{6}\textcircled{7} = \textcircled{4}\textcircled{5}\textcircled{8}, \textcircled{4}\textcircled{5}\textcircled{7} = \textcircled{4}\textcircled{6}\textcircled{7}$$

である。

(答) 4 種類



問 6 化合物 6 の 1 段階目の電離のみを考慮すればよいので、求める水素イオン濃度を $x \text{ mol/L}$ とすると、化学平衡の法則より

$$K_1 = \frac{x \text{ mol/L} \times x \text{ mol/L}}{(0.00500 - x) \text{ mol/L}} = 1.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

が成り立つ。 $x > 0$ より次の解を得る。

$$x \text{ mol/L} = 3.65 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

(答) $3.7 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

【講評】

昨年度と同様、大問 3 題構成であった。大問 I の質量欠損に関する問題は **YMS** 選択授業『化学論理 PIL』で扱った内容と一致しており、受講者には大きなアドバンテージとなった。大問 II は、実験操作に関する問題が多く含まれているため、問題文を冷静に読み、状況を正確に把握して対応することが重要である。実験手順を正しく理解し、問われているポイントを見極める力が求められた。大問 III についても、焦らず慎重に取り組むことが求められる。各設問の論理展開を意識しながら、落ち着いて解答を進めたい。得点率 60% 程度を目標としたい。

昭和大学医学部[II期]模試2.20(木)

科目 英/数/化/生/物 申込締切 2月17日(月) 20:00

会場 東京/大阪/福岡

聖マリアンナ医科大学[後期]模試2.23(日)

科目 英/数/化/生/物 申込締切 2月20日(木) 20:00

会場 東京/大阪/福岡

対象 高3生・高卒生対象

料金 6,600円(税別)



※内容は変更になる場合がございます。最新の情報はホームページよりご確認ください。↑

医大別直前講習会 受付中

後期・II期

- 獨協医科大学
- 聖マリアンナ医科大学
- 日本大学
- 埼玉医科大学
- 昭和大学
- 日本医科大学



◆各講座の時間割・受講料・会場についてはHPでご確認ください。↑

本解答速報の内容に関するお問合せは



医学部専門予備校

YMS

heart of medicine

☎ 03-3370-0410 <https://yms.ne.jp/>
東京都渋谷区代々木 1-37-14

医学部進学予備校

メビオ

☎ 0120-146-156
<https://www.mebio.co.jp/>

医学部専門予備校

英進館メビオ 福岡校

☎ 0120-192-215
<https://www.mebio-eishinkan.com/>

メルマガ登録または LINE 友だち追加で全科目を閲覧

メルマガ登録



LINE 登録

