

強者の戦略

希薄溶液に関する問題 [問題編]

研伸館の古谷です。

原稿の期日が迫る中、改めて「強者への道」に掲載する問題として何が相応しいのかをずっと再考していました。おそらくこの HP をご覧になる高校生は、典型的な入試問題に飽き足りない人たちだと思います。では、入試問題の難問を出題すればよいのかというと、必ずしもそうでないのでは、と思うのです。入試問題の難問は、問題集や学校での演習プリントなどで数多く触れる機会があるからです。私自身、ひとかどの塾講師ですので、もしかしたら皆さんが知らないような入試問題の良問を探し出して提供できるかもしれません。しかし、それをわざわざここで披露しなくても良いのでは、と思います。となると、どのような問題が適切かということ、やはり前回に森先生が出題された問題だと思うのです。そう、「知的好奇心をくすぐる問題」です。

最近の入試問題では、「大学の1、2回生で習う話」を高校生レベルに噛み砕いたものをテーマとして出題されることが多いです。私が昨年出題した「ケテラーの三角形」の問題もその1つです。このような話題に関心を持ち、自分で勉強を進めていくことも、強者のあるべき姿かなと思います。

そこで、今回出題するのは2017年広島大学(前期)の大問2の間2です。問題自体は問題文の内容が理解できれば難しくはありません。解説編では、この問題の背景も含めてお話ししようと思います(一部大学レベルの数学が必要となるので、さすがにそこは省略しますが)。

では、解答編でお会いしましょう。

【2017年度 広島大学 大問2】

物質の状態変化について、次の(i)と(ii)の問いに答えよ。

(i) 次の文章を読み、図1に関する以下の(1)~(3)の問いに答えよ。

物質は温度や圧力に応じて気体、液体、固体という状態になる。例として水の状態図を図1に示す。図1のⅠ、Ⅱ、Ⅲは気体、液体、固体のいずれかの状態を表す。「ある条件で物質はどの状態になるか」という問題を、次のように考える。「ある状態における分子の居心地」を表すエネルギーを g とする。気体、液体、固体それぞれについての g は $g_{\text{気}}$ 、 $g_{\text{液}}$ 、 $g_{\text{固}}$ で表され、これらは温度と圧力とともに変化する。大気圧における水分子の g を図2に示す。水分子はそれぞれの温度で最も小さな g の状態になる。

強者の戦略

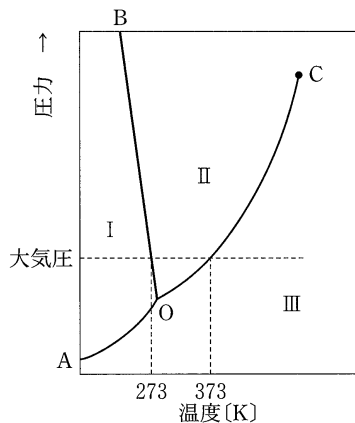


図1

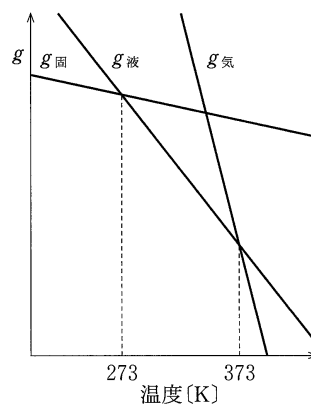


図2

- (1) 線 OA, OB, OC 上における g の関係を, 以下の選択肢(ア)~(サ)からそれぞれ一つずつ選び, 記号で答えよ。
- (2) 点 O における圧力での $g_{\text{気}}, g_{\text{液}}, g_{\text{固}}$ の温度変化を表す直線の概略を解答欄中の図(= [下書用] の左図)に描け。また, 次の表 1 中の[1]~[3]に入る最も適切なものを以下の選択肢(ア)~(サ)からそれぞれ一つずつ選び, 記号で答えよ。さらに, 表 1 中の あ と い にあてはまる水の状態を, 気体, 液体, 固体の中から選び, それぞれ記せ。

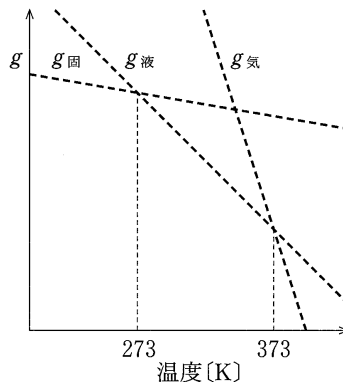
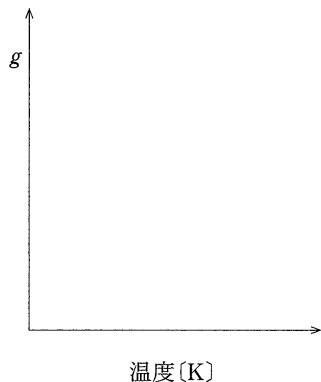
表 1

温度 T	$g_{\text{気}}, g_{\text{液}}, g_{\text{固}}$ の大小関係	水の状態
$T < \text{点 O における温度}$	[1]	あ
$T = \text{点 O における温度}$	[2]	固体と液体と気体
$T > \text{点 O における温度}$	[3]	い

選択肢

- (ア) $g_{\text{固}} = g_{\text{液}}$ (イ) $g_{\text{固}} = g_{\text{気}}$ (ウ) $g_{\text{液}} = g_{\text{気}}$ (エ) $g_{\text{固}} = g_{\text{液}} = g_{\text{気}}$
 (オ) $g_{\text{気}} < g_{\text{液}} < g_{\text{固}}$ (カ) $g_{\text{気}} < g_{\text{固}} < g_{\text{液}}$ (キ) $g_{\text{液}} < g_{\text{固}} < g_{\text{気}}$ (ク) $g_{\text{液}} < g_{\text{気}} < g_{\text{固}}$
 (ケ) $g_{\text{液}} < g_{\text{気}}$ かつ $g_{\text{液}} < g_{\text{固}}$ (コ) $g_{\text{固}} < g_{\text{液}} < g_{\text{気}}$ (サ) $g_{\text{固}} < g_{\text{気}} < g_{\text{液}}$

[下書用]



強者の戦略

- (3) 270K に温度を保ったまま、水の圧力を変化させたときの水分子の g の変化を図 3 に示す。 $g_a \sim g_c$ は状態 a~c に対応する g をそれぞれ表す。a~c における水の状態を、気体、液体、固体の中から選び、それぞれ記せ。

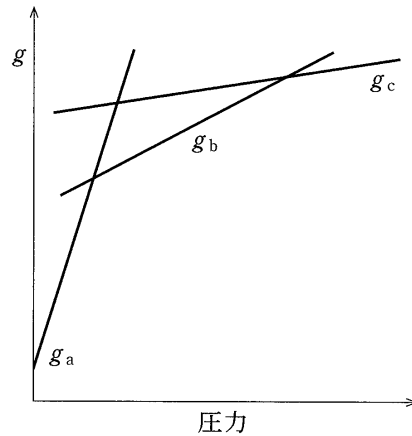


図 3

- (ii) 次の文章を読み、以下の(1)と(2)の問いに答えよ。

純水に砂糖(スクロース)を加えてかき混ぜると、砂糖水溶液ができる。砂糖水溶液では、溶質分子と溶媒分子が乱雑に混じり合っているために、水分子は純溶媒のときとくらべて、より「居心地の良い」状態にある。砂糖は不揮発性の溶質であるから、砂糖水溶液の沸点では溶媒である水だけが蒸発する。また、希薄な砂糖水溶液を冷却していくと、水だけが氷となって析出しはじめる。

- (1) 希薄な砂糖水溶液の水分子の g を $g_{気}'$, $g_{液}'$, $g_{固}'$ とする。解答欄に点線で示された大気圧での純水の $g_{気}$, $g_{液}$, $g_{固}$ をもとに、大気圧での $g_{気}'$, $g_{液}'$, $g_{固}'$ の温度変化を表す直線の概略を、解答欄中の図(= [下書用] の右図)に描け。
- (2) 希薄な砂糖水溶液の凝固点と沸点を、解答欄中の図(= [下書用] の右図)の横軸にそれぞれ記入せよ。