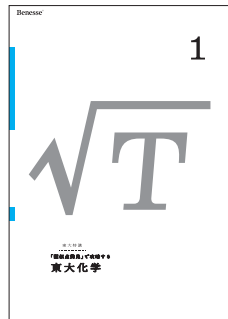


東大特講 \sqrt{T} 紹介

東大入試での合格ライン突破に向けた3か月(3回)完成集中講座。
東大入試ならではの問題の正しい「解法ルート」が身につく、今までになかった東大合格の確実がある。

開始月自由 3か月完成 1講座から

※教材のお届けは、毎月一回お届け(3か月)と3回一括お届け(一部例外あり)を選択できます。
詳しくは、HPのお申し込み内容をご確認ください。



「類似点発見」で攻略する東大化学

受講期間

3か月(3回)完成・毎月添削課題つき

受講費

15,000円(3回分一括払い・消費税込)

お届け教材

テキスト：B5版約64P(解答解説別冊64P挟み込み) 3冊

添削課題：3回

※各月(各回)テキスト1冊、添削課題1回をお届け。

制作チーム

巣鴨高等学校 新井君男先生

駒場東邦高等学校 今井泉先生

海城高等学校 篠原孝介先生 ほか

※所属は2005年11月現在

問題の本質を見抜き、持っている知識との類似点を発見し、解答の方針を立てられる力を3か月で身につける。

東大化学のリード文は、教科書には載っていない物質名や高度な技術に関する難解な言葉が多く、問われていることの本質を見極めにくい。しかし、自分の持っている知識や解法を応用すれば解けるのだ。本講座では、難しいリード文と自分の知識の類似点を発見する力を身につけることで、方針を立てて解答していく力を養成していく。

特長

●学びやすい単元順の構成

授業の進度に合わせても活用できる単元別。化学Ⅰ～化学Ⅱといった学校で習う順番とは異なり、東大入試に最適な順番で単元をクリアしていくから実力が身につくやすい。

●基礎事項のチェックテストで欠点をなくす

単元の冒頭にはチェックテストを用意。東大レベルの問題を解くにあたって必要な基礎知識をチェック。まずは欠点を洗い出し、克服する。

●リード文読解のためのトレーニング満載

いかに難解なリード文を読み解くか、そのための類似点発見法を様々な角度からトレーニング。トレーニングを繰り返すことで、東大レベル問題攻略をめざす。

「類似点発見」で攻略する 東大化学 見本 [設問攻略トレーニング]

※ご紹介している内容・デザインは変更になる場合があります ※詳しいカリキュラムはHPでご案内しています

東大レベル完成問題

まずはリード文を読解して全体を把握しよう

ある固体の触媒を用い、メタンを空气中で酸化させた場合、①メタンと酸素の反応によって一酸化炭素と水が生成する。②さらに反応を続けていくと、生成した一酸化炭素の濃度が高くなっていくため、一酸化炭素と酸素の反応で、二酸化炭素が生成する。

このように、③いったん生成した一次生成物が、反応の進行に伴って二次的に反応し、別の生成物に変化するような反応は、逐次反応と呼ばれている。

ピストン付きシリンダー容器にこの触媒を入れ、さらに、反応によって生成した水のみを完全に吸着する能力を持った吸着剤も入れておく。そして、図1に示すように、メタンと空気が均一に混合されている気体を、体積が5.0lになるまで入れて、コックを閉じた。原料のメタンおよび空気は乾燥されており、メタンと空気の体積比は1:49である。気体の注入時および反応時におけるシリンダー内の温度は700K、圧力は $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ に保たれている。空気の組成(体積割合)を、窒素80%、酸素20%として、以下の問いに答えよ。ただし、触媒、吸着剤、吸着された水の体積、および気体の注入に要する時間は無視してよく、反応に伴う温度上昇はないものとする。また、生成した水は吸着剤によって瞬時にかつ完全に吸着されるため、このシリンダー内では上記の二つの反応以外は起こらないものとする。

なお、気体はすべて理想気体であるとし、気体定数は $8.3 \times 10^3 \text{Pa} \cdot \text{l} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ とする。必要があれば原子量として次の数値を用い、有効数字2桁で解答せよ。結果だけでなく、途中の計算や考え方も記せ。

H : 1.0

C : 12.0

O : 16.0

図1

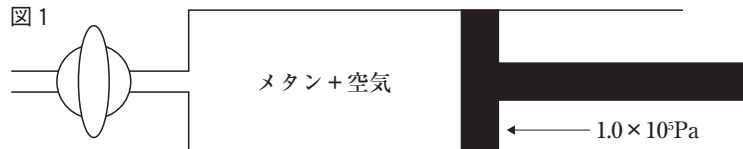
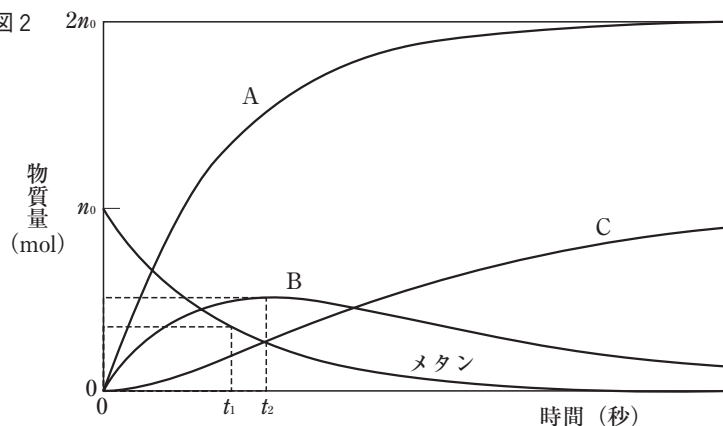


図2



「類似点発見」で攻略する 東大化学 見本

※ご紹介している内容・デザインは変更になる場合があります ※詳しいカリキュラムはHPでご案内しています

【類似点発見問題】

【解釈】 【構築】

類似点発見問題を解いて設問の準備をしよう

問1 下線部①について、以下の問いに答えよ。

- a この化学反応を、化学反応式で表せ。
- b 消費されたメタンの物質量が x [mol] のとき、消費された酸素の物質量と生成した一酸化炭素の物質量を、 x を用いて表せ。

問2 下線部②について、以下の問いに答えよ。

- a この化学反応を、化学反応式で表せ。
- b 一酸化炭素の濃度が高くなった場合と、低くなった場合では二酸化炭素が生成する反応の速さにどのような差異があるか、説明せよ。

問3 下線部③について、以下の問いに答えよ。

この場合の逐次反応では、初めに存在したメタン、酸素、反応で生じる一酸化炭素、二酸化炭素の物質量は時間とともにどのように変化していくか。それぞれの物質について理由を含めて答えよ。

【実際の設問】

実際の設問に挑戦しよう

〔問〕

- ア 反応開始時にシリンダー内に存在するメタンの物質量を求めよ。
- イ アで求めたメタンの物質量を n_0 [mol] とする。図2は、シリンダー内のいくつかの化合物について、その物質量の時間変化を表したものである。図中のA, B, Cはそれぞれどの化合物に対応すると考えられるか。化合物の分子式で答えよ。

→ 【類似点発見問題】の問1, 問2, 問3を思い出そう

- ウ 反応を開始してから時間 t_1 [秒] 後に、メタンの物質量は $\frac{n_0}{3}$ [mol] になった。反応を開始してから t_1 [秒] 間に生成し吸着された水の質量は何 mg か。

→ 【類似点発見問題】の問1を思い出そう

- エ 反応を開始してから t_2 [秒] 後に、Bの物質量は $\frac{n_0}{2}$ [mol] になり、メタンとCの物質量は等しくなった。 t_2 [秒] 後にシリンダー内に存在する酸素の分圧を求めよ。

→ 【類似点発見問題】の問1, 問2を思い出そう

- オ さらに時間を経過させ、反応が完結したところで、容器の温度を300Kまで下げた。この時のシリンダー内の気体の体積を求めよ。

〔1998年度 東京大 前期 改題〕

「類似点発見」で攻略する 東大化学 見本 [解答解説]

※ご紹介している内容・デザインは変更になる場合があります ※詳しいカリキュラムはHPでご案内しています

東大レベル完成問題

分析と対策

この問題は、東大の問題としてはかなりやさしいほうに分類されるものと思われる。ただし、計算をうまくこなす必要がある。計算は、すべて数値を入れて行う必要はない。文字のまま計算をしていくことによって、計算途中で消去される場合が多い。問題を解きながら、文字で置けるところは最後まで文字で置いておき、最後に数値を代入するようにすると、時間短縮がはかれる。特に東京大の理科は制限時間に比べて問題量が多いので、計算に手間取ったり、計算ミスをするとかかなり厳しくなる。まずは計算力のアップ、それから効率よい計算方法を見つけることを主眼においてほしい。

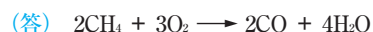
内容は逐次反応という言葉が出ているが、結局はメタンが燃焼する際、一酸化炭素が生成し、その後、二酸化炭素へとさらに酸化されるというだけで、特に難しい反応ではない。問題をよく読んでいるかどうか、またグラフの意味するところを読み取れるかどうかで決まるだろう。

解答解説

【類似点発見問題】

問1

a：メタンは完全燃焼させれば、二酸化炭素と水が生成する。しかし問題にあるように触媒を用いて反応を中途半端に起こすと、一酸化炭素が生成する。化学反応式は与えられた物質と、両辺の係数が合うように立てていけばよい。



b：化学反応式の係数の関係から、発生する物質の物質量を計算する。

	CH ₄	O ₂	CO	H ₂ O
反応比	2	3	2	4
変化量	x	$1.5x$	x	$2x$



→ 化学反応での量的関係は係数に着目する

問2



b：反応の速さは、濃度や温度によって変化し、濃度上昇や温度上昇に伴って速度が速くなる。

(答) 二酸化炭素の生成速度は、一酸化炭素の濃度が上がると速くなり、下がると遅くなる。

→ COと、COが反応して生じるCO₂の比は1：1

「類似点発見」で攻略する 東大化学 見本

※ご紹介している内容・デザインは変更になる場合があります ※詳しいカリキュラムはHPでご案内しています

問3

(答)

メタン：酸化によって徐々に物質量は減り、時間が充分に経過すると最終的には消失する。

酸素：メタンや一酸化炭素を酸化するために消費されるため物質量は減少する。

一酸化炭素：メタンの酸化によって生じ物質量が増えていく。しかし、さらに酸化されて二酸化炭素になるため、徐々に物質量が減少する。

二酸化炭素：一酸化炭素が生成するとその酸化によって生成しはじめる。濃度が低い間は反応速度も小さく、生成量が少ない。しかし充分に時間が経過し反応が完結すると、最初のメタンと同じ物質量になる。 $(\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O})$ → CH_4 と O_2 は減少、 CO は増加して減少、 CO_2 は増加

【実際の設問】

解説は解法ルートの解釈→構築→発信の順に構成されています

ア メタンと空気は物質量比で1：49である。したがって、メタンのモル分率は $\frac{1}{1+49}$ である。シリンダー内の全圧は $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ なのでメタンの分圧は、

$$1.0 \times 10^5 \text{Pa} \times \frac{1}{1+49} = 2.0 \times 10^3 \text{Pa}$$

になる。このメタンの分圧、全体の体積5.0l、温度700Kから気体の状態方程式を用いてメタンの物質量 n_0 を求める。

$$2.0 \times 10^3 \text{Pa} \times 5.0\text{l}$$

$$= n_0 [\text{mol}] \times 8.3 \times 10^3 \text{Pa} \cdot \text{l} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \times 700\text{K}$$

$$\therefore n_0 = 1.72 \times 10^{-3} \text{mol}$$

$$1.7 \times 10^{-3} \text{mol} \quad \dots (\text{答})$$

答案用紙にこうまとめよう

CH_4 の分圧は

$$1.0 \times 10^5 \text{Pa} \times \frac{1}{1+49} = 2.0 \times 10^3 \text{Pa}$$

である。 CH_4 の物質量を n_0 [mol] とし、気体の状態方程式を用いると、

$$2.0 \times 10^3 \text{Pa} \times 5.0\text{l}$$

$$= n_0 [\text{mol}] \times 8.3 \times 10^3 \text{Pa} \cdot \text{l} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \times 700\text{K}$$

$$\therefore n_0 = 1.72 \times 10^{-3} \text{mol}$$

$$1.7 \times 10^{-3} \text{mol} \quad \dots (\text{答})$$

イ それぞれの反応を化学反応式で表すと、



全体では、



(【類似点発見問題】問1a, 問2a参照)

Aは、ほかの物質と関係なく、増え続けている。また最終的に生成する量がメタンの物質量の2倍、 $2n_0$ [mol]なので水であると考えられる。

Bは、いったん生成した物質が、今度は消失の方向に進んでいる。これは生成した一酸化炭素が、さらに酸化されて二酸化炭素へと変化したためであると考えられる (【類似点発見問題】問3参照)。

Cは、はじめほとんど生成していないが、Bの濃度上昇にともなって、生成量が上がっている。これは一酸化炭素がさらに酸化されて生じている二酸化炭素であると考えられる (【類似点発見問題】問3参照)。



ウ 反応を開始してから t 秒後に、残っているメタンが $\frac{2n_0}{3}$ [mol] に減少している。

したがって、反応したメタンは $\frac{2n_0}{3}$ [mol] である。(1) 式より、生成する水はその2倍である

「類似点発見」で攻略する 東大化学 見本

※ご紹介している内容・デザインは変更になる場合があります ※詳しいカリキュラムはHPでご案内しています

ので $\frac{4n_0}{3}$ [mol] である (【類似点発見問題】問1参照)。

$\text{H}_2\text{O} = 18.0$ (モル質量 $18.0\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$), $n_0 = 1.72 \times 10^{-3}\text{mol}$ を用いると, 求める水の質量は $\frac{4}{3} \times 1.72 \times 10^{-3}\text{mol} \times 18.0 \times 10^3\text{mg}\cdot\text{mol}^{-1} = 41.2\text{mg}$

41mg … (答)

答案用紙にこうまとめよう

H_2O は, 反応した CH_4 の $\frac{2n_0}{3}$ [mol] の2倍生成する。 $\text{H}_2\text{O} = 18.0$, $n_0 = 1.72 \times 10^{-3}\text{mol}$ を用いると,
 $2 \times \frac{2}{3} \times 1.72 \times 10^{-3}\text{mol} \times 18.0 \times 10^3\text{mg}\cdot\text{mol}^{-1} = 41.2\text{mg}$
 41mg … (答)

エ この反応ではシリンダー内の全圧が一定に保たれているので, 酸素の分圧は

$$\text{全圧} \times \frac{\text{シリンダー内の酸素の物質質量}}{\text{シリンダー内の気体の物質質量の和}}$$

で求められる。それぞれの物質質量を求めていってもよい(答案の(例2)参照)が, 計算が複雑になる。そこで, 反応前の気体の物質質量との差に着目する。

反応を開始してから t 秒後に $\text{B}(\text{CO})$ の物質質量が $\frac{n_0}{2}$ [mol] になっている。また, メタンと C (二酸化炭素) の物質質量が同じである。

(1)・(2)式より, CH_4 と, CH_4 が反応して生じた CO の比は $1:1$ 。さらに, CO と, CO が反応して生じた CO_2 の比も $1:1$ 。これより, CH_4 , CO , CO_2 の物質質量の総和は変化せずに常に n_0 [mol] になる。

したがって, 容器内に存在するメタンと二酸化炭素の物質質量はともに,

$$\left(n_0 - \frac{n_0}{2}\right) [\text{mol}] \div 2 = \frac{n_0}{4} [\text{mol}]$$

となる。

よって, CH_4 のうち, 酸化されたのは $\frac{3n_0}{4}$ [mol], 酸化されて生じた CO のうち, さらに酸化されて CO_2 になったのは $\frac{n_0}{4}$ [mol] である。

CH_4 が CO に酸化されるとき, (1)式より, その $\frac{3}{2}$ 倍の O_2 が消費され, CO が CO_2 に酸化され

るとき, (2)式より, その $\frac{1}{2}$ 倍の O_2 が消費されるので, 全体で消費される O_2 は,

$$\frac{3n_0}{4} [\text{mol}] \times \frac{3}{2} + \frac{n_0}{4} [\text{mol}] \times \frac{1}{2} = \frac{5n_0}{4} [\text{mol}]$$

である (【類似点発見問題】問1・問2参照)。

メタンと空気は物質質量比で $1:49$ であるので, 反応前の混合気体の物質質量は $50n_0$ [mol], そのうち空気の物質質量が $49n_0$ [mol], O_2 は空気中の 20% を占めるのではじめの O_2 の物質質量は $49n_0 \times \frac{20}{100}$ [mol] である。

O_2 の分圧は, 全圧と O_2 のモル分率より,

$$1.0 \times 10^5\text{Pa} \times \frac{49n_0 \times \frac{20}{100} - \frac{5n_0}{4}}{50n_0 - \frac{5n_0}{4}}$$

$$= 1.0 \times 10^5\text{Pa} \times \frac{49 \times 4 - 5 \times 5}{50 \times 20 - 5 \times 5}$$

$$= 1.75 \times 10^4\text{Pa}$$

1.8 × 10⁴Pa … (答)

答案用紙にこうまとめよう(例1)

反応した CH_4 が $\frac{3n_0}{4}$ [mol], 生成した一酸化炭素のうち二酸化炭素になったのは $\frac{n_0}{4}$ [mol] とわかる。酸化に必要な酸素の物質質量は全体で,

$$\frac{3n_0}{4} [\text{mol}] \times \frac{3}{2} + \frac{n_0}{4} [\text{mol}] \times \frac{1}{2} = \frac{5n_0}{4} [\text{mol}]$$

メタンと空気は物質質量比 $1:49$, また, O_2 は空気中の 20% なので, O_2 の分圧は,

$$1.0 \times 10^5\text{Pa} \times \frac{49n_0 \times \frac{20}{100} - \frac{5n_0}{4}}{50n_0 - \frac{5n_0}{4}}$$

$$= 1.75 \times 10^4\text{Pa}$$

1.8 × 10⁴Pa … (答)

「類似点発見」で攻略する 東大化学 見本

※ご紹介している内容・デザインは変更になる場合があります ※詳しいカリキュラムはHPでご案内しています

答案用紙にこうまとめよう(例2)

$$\text{問題文より } n_{\text{CO}} = \frac{n_0}{2}, n_{\text{CH}_4} = n_{\text{CO}_2}$$

メタンの反応した物質質量
= 生成したCOとCO₂の物質量の和
より

$$n_0 - n_{\text{CH}_4} = n_{\text{CO}} + n_{\text{CO}_2} = \frac{n_0}{2} + n_{\text{CH}_4}$$

$$n_{\text{CH}_4} = \frac{n_0}{4} = n_{\text{CO}_2}$$

$$n_{\text{N}_2} = n_0 \times 49 \times \frac{80}{100} = 39.2n_0 [\text{mol}]$$

$$n_{\text{O}_2} = n_0 \times 49 \times \frac{20}{100} - \frac{n_0}{2} \times \frac{3}{2} - \frac{n_0}{4} \times 2$$

$$= 8.55n_0 [\text{mol}]$$

$$P_{\text{O}_2} = \text{全圧} \times \text{モル分率}$$

$$= 1.0 \times 10^5 \text{Pa}$$

$$\times \frac{8.55n_0}{0.25n_0 + 8.55n_0 + 0.50n_0 + 0.25n_0 + 39.2n_0}$$

$$= 1.75 \times 10^4$$

$$1.8 \times 10^4 \text{Pa} \quad \dots (\text{答})$$

オ ここではグラフから、反応が完結した場合にはどこまで進んでいるかを読み取る必要がある。

つまり、この反応は最終的にCH₄もCOも完全に消失し、CO₂がn₀[mol]生成するところまで進む。すると(3)式より考えて、酸素が2n₀[mol]消費され、混合気体全体の物質量は48n₀[mol]になる。反応前後の変化をまとめると、

$$1.0 \times 10^5 \text{Pa} \rightarrow 1.0 \times 10^5 \text{Pa}$$

(圧力変化なし)

$$5.0 \text{l} \rightarrow V [\text{l}]$$

(体積変化あり)

$$50n_0 [\text{mol}] \rightarrow 48n_0 [\text{mol}]$$

(物質量は $\frac{48n_0}{50n_0}$ 倍)

$$700\text{K} \rightarrow 300\text{K}$$

(絶対温度の値は $\frac{300\text{K}}{700\text{K}}$ 倍)

気体の体積は、①圧力に反比例、②絶対温度に比例、③物質量に比例するので、求める体積

は5.0lの $\frac{48n_0 [\text{mol}]}{50n_0 [\text{mol}]}$ 倍のさらに $\frac{300\text{K}}{700\text{K}}$ 倍になる。

したがって、

$$5.0 \text{l} \times \frac{48n_0 [\text{mol}]}{50n_0 [\text{mol}]} \times \frac{300\text{K}}{700\text{K}} = 2.05 \text{l}$$

$$2.1 \text{l} \quad \dots (\text{答})$$

答案用紙にこうまとめよう

反応が完結したので、n₀[mol]のCH₄が2n₀[mol]のO₂と反応し、n₀[mol]のCO₂が生成している。つまり、全気体の物質量は50n₀[mol]から48n₀[mol]に変化している。また、温度は700Kから300Kに変化したので、求める体積は、

$$5.0 \text{l} \times \frac{48n_0 [\text{mol}]}{50n_0 [\text{mol}]} \times \frac{300\text{K}}{700\text{K}} = 2.05 \text{l}$$

$$2.1 \text{l} \quad \dots (\text{答})$$