

5-4 化学プロセス【選択科目Ⅱ】

Ⅱ 次の2問題（Ⅱ-1，Ⅱ-2）について解答せよ。（問題ごとに答案用紙を替えること。）

Ⅱ-1 次の4設問（Ⅱ-1-1～Ⅱ-1-4）のうち1設問を選び解答せよ。（緑色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙1枚にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 反応管を外部加熱するため，25[°C]のメタンと空気を混合して燃焼させる。メタンの燃焼熱は25[°C]基準で802.3[kJ/mol]である。

(1) 燃焼ガスの温度を1,200[°C]とするためには供給空気量を理論空気量の何倍とすべきか求めよ。空気は酸素21[%]，窒素79[%]の混合物とし，簡単のためにすべての気体のモル熱容量（比熱）は36.0[J/mol·K]の一定値とする。

(2) 供給空気量を理論空気量の0.8倍から2.0倍に連続的に上げると，燃焼ガスの温度はどのように変化するか概略（定性的に）を述べよ。

Ⅱ-1-2 火力発電所の排気ガスからCO₂を分離回収する方法として，化学吸収法と物理吸収法を比較する（下図）。以下，単位[m³-CO₂]は0[°C]，1[atm]基準である。

化学吸収法ではアミン水溶液を吸収液として，温度25[°C]の吸収塔でCO₂を化学吸収する。吸収液のCO₂溶解度は0.0706[m³-CO₂/kg-吸収液]である。これを120[°C]の再生塔に送り，CO₂を脱離・回収する。アミンとCO₂の脱離に必要な熱は3,930[kJ/m³-CO₂]である。

物理吸収法では水を吸収液として，圧力1.0[MPa]でCO₂を吸収する。1.0[MPa]での水へのCO₂溶解度は0.00061[m³-CO₂/kg-吸収液]である。吸収液を減圧した放散塔に送り，CO₂を脱離・回収する。物理吸収法では減圧だけでCO₂が回収できる。しかし，吸収液を吸収塔に戻す際にポンプによる昇圧にエネルギー（動力）が必要であり，これは1[kg]吸収液当たり2.0[kJ/kg-吸収液]とする。

(1) 排ガス中のCO₂流量が0.1[m³-CO₂/s]とする。化学吸収法における必要な吸収液量[kg/s]と再生の必要エネルギー[kW]（=[kJ/s]）を求めよ。また，物理吸収法における必要な吸収液量[kg/s]と昇圧の必要エネルギー[kW]（=[kJ/s]）を求めよ。ただし，再生塔，放散塔におけるCO₂回収率は100[%]とする。

(2) 実際のプロセスでは化学吸収法が採用される場合がほとんどであるが，その理由を(1)の結果も踏まえて述べよ。

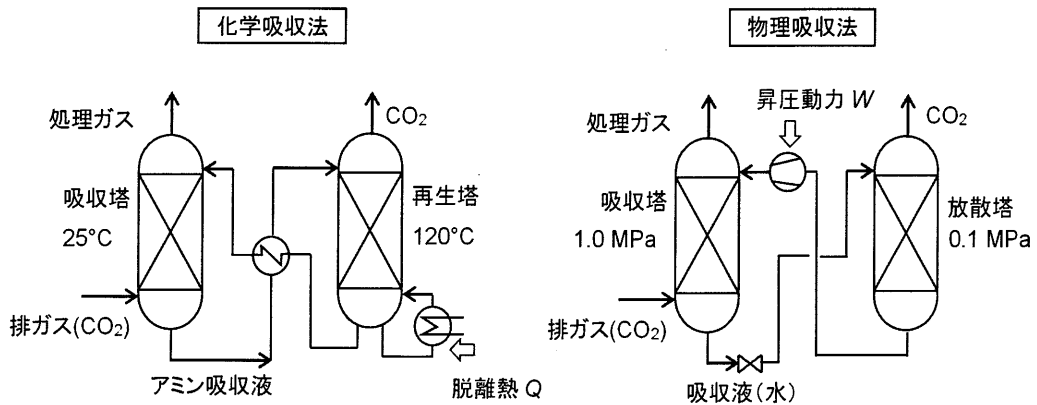


図 CO₂分離プロセス

II-1-3 活性炭により水溶液中の酢酸を吸着除去する。

(1) 酢酸濃度 $C_0 = 5.24$ [kmol/m³] の水溶液 0.001 [m³] に活性炭を 0.24 [kg] 投入する (図1 回分吸着)。吸着が平衡に達したとき、酢酸濃度は $C_1 = 1.62$ [kmol/m³] となった。吸着された酢酸の量 [kmol] を求めよ。このときの平衡吸着量を q_1 [kmol/kg] として、吸着等温線が線形の $q = KC$ で表せるとして、定数 K [m³/kg] を求めよ。

(2) 図2はこの活性炭による固定層吸着装置である。層の入口から酢酸水溶液を流通して、酢酸の固定層吸着を行う。固定層内では一定幅の吸着帯が移動することで吸着が進行する。吸着帯の上流側の活性炭は酢酸水溶液濃度 C_2 時に平衡濃度 $q_2 (=KC_2)$ である。この吸着操作で層出口での破過曲線が図2 (右) のようであった。吸着帯幅がゼロの理想破過曲線は t^* で垂直であるが、実際の操作では吸着帯がある幅を持つので、破過曲線は図2 (右) のように傾きを持つ。この原因を流体側、吸着材側別に述べよ。さらに、破過曲線を理想破過曲線に近づけるための層の形状、粒子径及び液流速の効果を述べよ。

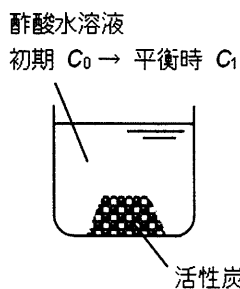


図1 回分吸着

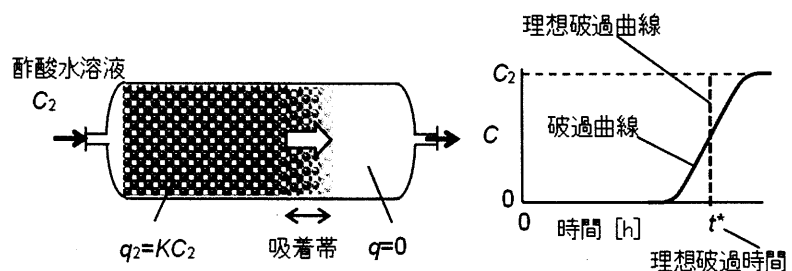


図2 固定層吸着と破過曲線

Ⅱ－１－４ 火傷防止やエネルギーロス防止のため、設備外面に取り付けられている保温材の下における金属腐食の原因を挙げて、その対策について述べよ。

Ⅱ－２ 次の２設問（Ⅱ－２－１，Ⅱ－２－２）のうち１設問を選び解答せよ。（青色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙２枚を用いてまとめよ。）

Ⅱ－２－１ 生産プラントは運転が定常状態になっても多かれ少なかれ変動するか，その可能性がある。したがって，生産プロセスの基本設計を行う際，その変動をある程度吸収するために，理論計算値に，余裕率（Process Allowance）を考慮する必要がある。担当責任者として業務を進めるに当たり，下記の内容について記述せよ。

- （１）プラントの変動について調査，検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- （２）余裕率を決める際，留意すべき点，工夫を要する点を含めて業務を進める手順について述べよ。
- （３）効率的，効果的な業務遂行のために必要となる関係者との連携・調整について述べよ。

Ⅱ－２－２ 設備の省エネルギー化を推進する担当責任者として，2023年3月に閣議決定された「エネルギーの使用の合理化及び非化石エネルギーへの転換等に関する基本方針」を踏まえて，特に非化石エネルギーへの転換を考慮しつつ業務を進める場合，下記の内容について記述せよ。

- （１）非化石エネルギーへの転換目標及び計画について，社内で調査，検討すべき事項を列挙するとともに，その必要性及び内容について説明せよ。
- （２）留意すべき点，工夫を要する点を含めて業務を進める手順について述べよ。
- （３）業務を効率的，効果的に進めるための関係者との調整方策について述べよ。

5-4 化学プロセス【選択科目Ⅲ】

Ⅲ 次の2問題（Ⅲ-1，Ⅲ-2）のうち1問題を選び解答せよ。（赤色の答案用紙に解答問題番号を明記し，答案用紙3枚を用いてまとめよ。）

Ⅲ-1 化学産業では気候など外的要因や設備の不具合など内的要因による事故が起きやすいので、「安全」は常に意識しなければならない課題である。特にピーカー試験から本プラントの計画・建設・操業までの「プロセス開発」における安全について考える場合、関係する諸課題を以下の「プロセス開発における安全の3大課題」として整理する必要がある。

①「物質安全」の課題：実験室での試験において、そのプロセスで取り扱う原料，中間生成物，製品の全物質に関する毒性等の安全性に関する諸事項。

②「プロセス安全」の課題：プロセス設計及びパイロットプラントにおいて、安全を確保したプロセスとするために必要な諸事項。

③「システム安全」の課題：本プラントの建設及び操業における安全確保に必要な諸事項。

(1) 上記の3つの安全課題から1つを選択して、その安全課題について技術者としての立場で多目的な観点から考慮すべき事項を3つ挙げて、その事項の内容を示せ。

(2) 前問(1)で挙げた事項のうち最も重要と考える事項を1つ挙げ、これを最も重要とした理由を述べよ。その事項に対する複数の解決策を、専門技術用語を交えて示せ。

(3) 前問(2)で示したすべての解決策を実行しても新たに生じうるリスクとそれへの対策について、専門技術を踏まえた考えを示せ。

Ⅲ－２ 経済安全保障の視点とサプライチェーンにおける社会情勢の急激な変化に対応するため、半導体製造の国産化が進んでいる。半導体製造設備において、製造工程で使用されているフロン系ガスやリン酸及び硝酸などの液体物質を使用した後に廃棄する際、無害化が重要である。あなたが半導体製造設備の設計・施工責任者として、無害化設備を設置するに当たり、以下の問いに答えよ。

- (1) 無害化設備に対して、技術者としての立場で多面的な観点から3つの課題を抽出し、それぞれの観点を明記したうえで、その課題の内容を示せ。
- (2) 前問(1)で抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ、その課題に対する複数の解決策を、専門技術用語を交えて示せ。
- (3) 前問(2)で示したすべての解決策を実行しても新たに生じうるリスクとそれへの対策について、専門技術を踏まえた考えを示せ。