

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 湿潤粒子状材料を乾燥する。材料の初期含水率 $w_1=0.26$ kg-水/kg-乾燥材料，限界含水率 $w_c=0.20$ kg/kg，平衡含水率 $w_e=0.03$ kg/kgである。乾燥速度 R は定率乾燥期間で $R_c=0.0005$ kg-水/(m^2 s)，減率乾燥期間で w_c-w_e 間で直線的に減少する（図1）。図2の流動層乾燥機でこの粒子を初期含水率 w_1 から平衡含水率 w_e まで乾燥させる。材料の移動速度は 0.05 m/sである。材料入口から含水率が w_c となる位置までが定率乾燥区間で，長さを L_c [m] とする。その後の出口までが減率乾燥区間で長さを L_f [m] とする。

(1) この材料の定率乾燥の時間 Δt_c は次式となる。

$$\Delta t_c = M (w_1 - w_c) / (R_c A) \cdots \cdots (1)$$

ここで比蒸发表面積 (A/M) = 10.5 m^2 /kg-乾燥材料である。この式より定率乾燥の時間 Δt_c [s] を求めよ。また，減率乾燥の時間 Δt_f [s] について，乾燥速度 R_f をこの期間の平均値で近似して，(1) 式と同様の方法で求めよ。さらに流動層乾燥機の定率区間の長さ L_c [m]，減率区間の長さ L_f [m] を求めよ。

(2) 定率乾燥と減率乾燥の乾燥速度の特徴とその理由を説明せよ。

(3) 流動層乾燥機内の材料の入口から出口までの温度変化はどうなるか説明せよ。

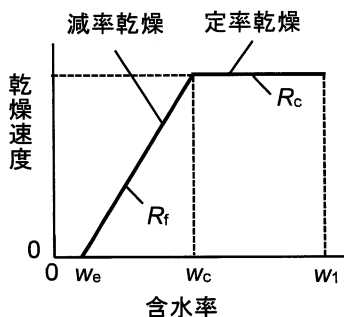


図1 材料の乾燥特性

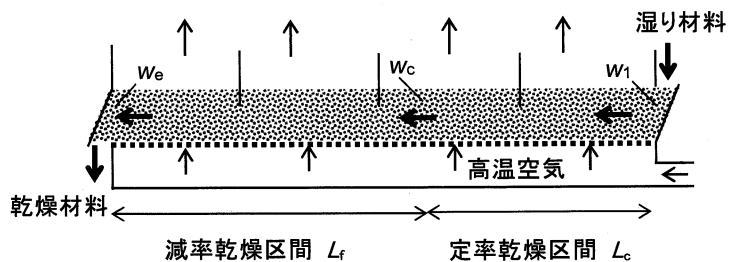


図2 流動層乾燥機

Ⅱ－１－２ 反応物容積 $V=1.0\text{ m}^3$ のCSTR反応器により、高圧下の液相反応で、ブタン（成分名A）→イソブタンの異性化反応を行う（下図）。（少量の液体触媒を伴う。）この反応は発熱反応のため反応器は外側から冷媒で除熱され、原料及び反応器内は等温 $T=345\text{ K}$ に保たれる。原料は流量 $F=125\text{ kmol/h}$ ，反応物濃度は $c_{A0}=1.0$ モル分率である。出口流量は同じ F である。この温度での反応速度は $r_A=-50\text{ kmol/(m}^3\text{ h)}$ ，ブタンの生成熱は -125.7 kJ/mol ，イソブタンの生成熱は -132.6 kJ/mol である。

（１）成分Aの物質収支は

$$F c_{A0} - F c_A + V r_A = 0$$

である。出口の反応物濃度 c_A を求めよ。さらに、冷媒による除熱量 Q をkW単位で求めよ。

（２）除熱量が Q より小さい場合、どのようなリスクがあるか述べよ。

（３）発熱反応における上記リスクに対する対策を複数挙げよ。

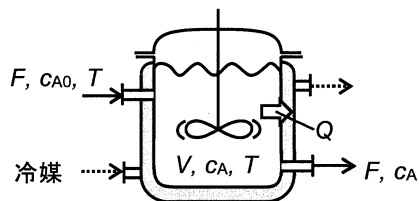


図 冷却を伴うCSTR 反応器

Ⅱ－１－３ 脱炭素化技術として注目される「アンモニア燃焼」について、その燃料としての特徴（燃焼特性など）をメタンと比較して述べよ。また工業炉への導入に際して課題となる NO_x 生成メカニズムと、未燃分の抑制技術について説明せよ。

Ⅱ－１－４ 再生可能エネルギーの導入拡大が進められる中、天候や昼夜の影響を受けにくく安定した出力が得られる電源、いわゆるベースロード電源の役割を担うことが期待されている発電方式の１つに地熱発電がある。地熱発電は地下深部の熱エネルギーを利用して電力を得る方式であり、特に火山帯に位置する我が国において有望な再生可能エネルギー資源と位置付けられている。

地熱発電の原理及び特徴について簡潔に述べるとともに、発電所の計画・建設・運用の各段階において想定される主な技術的留意点を述べよ。

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 CO_2 排出は化学工業の宿命ではあるが，有効利用技術としてのカーボンリサイクル技術開発がその実用化を目指して実施されて来ている。この社会実装早期実現には化学プロセス技術者の果たす役割は大きい。

（１）化学反応（１）で示される逆水性ガスシフト反応がルテニウム金属微粒子をチタン酸ジルコニウムという安定な酸化物に担持した固体触媒により行われ，圧力 2 MPa，温度 700 K において， CO_2 転化率 32%，CO への選択率 90% になる反応成績が報告されている。



この反応の工業化検討に当たり，反応熱評価，断熱温度変化の評価，そのうえで反応器形式設定，分離精製工程を包含したプロセスイメージを提示せよ（下図に示す形式のブロックフローを作成）。表 1 に，各成分の生成熱データを示す。ガス比熱は 1.0 kJ / (kg K) とする。

（２）（１）の結果から（１）のプロセスについての工業化への課題を述べよ。

（３）生産技術部門のプロジェクトリーダーとして効率的，効果的な業務遂行のために調整が必要となる関係者を列記し，それぞれの関係者との連携・調整について述べよ。

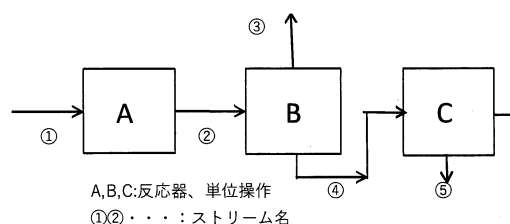


図 ブロックフロー

表 1 各成分の生成熱データ

生成熱		CO_2	H_2	CO	H_2O
$\Delta_f H$	kJ / mol	-393	0	-110	-242

Ⅱ－２－２ 工業的な蒸留プロセスにおいて、缶出液により供給流体を加熱する熱交換器を新設する省エネ改造計画がある。プロジェクトの責任者として、以下の問いに答えよ。

- (１) この省エネ改造計画において、主として調査、検討すべき事項を列記するとともに、その内容及び必要性を説明せよ。
- (２) 業務を進める手順について、留意すべき点、工夫を要する点を含めて説明せよ。
- (３) 効率的、効果的な業務遂行のために調整が必要となる関係者を列記し、それぞれの関係者との連携・調整について説明せよ。

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 新規製品の開発・工業化は化学工業存続の必達要素であるが，その効率的手法としてコンカレントエンジニアリングがある。ある新規製品の開発・工業化において，基礎研究の成果としてA法，B法，C法の3手法が提案された。スケールアップ検討を含めた工業化検討に当たり1つの手法に絞るべくコスト試算を行う必要がある。

- （1）化学プロセス技術者として，コスト試算の技術課題と手順について，基礎反応結果検討，変動費評価，設備費，そして投資採算性評価の視点から示せ。
- （2）前問（1）で示した手順の中で，最も重要と考えられる技術課題を選定し，その具体的項目を挙げて掘り下げよ。
- （3）さらに，前問（2）で示した項目の中で，懸念事項とそれへの対策を掘り下げ，併せてその理由を述べよ。

Ⅲ－2 化学プロセスはプロセス設計から装置の建設，稼働まで多くの段階で構成されているので，各段階で検討すべき「安全」の課題也多岐にわたる。一方，化学産業では構造改革と業界再編の動きが強まり，これにより製造現場にも新たな要求事項が増えている。加えて装置，機器のDX（デジタル化）による自動化・効率化が進展しつつあるので，DXと安全対策の両立について考えてゆく必要も生じている。このように周りの環境が変化するときこそ，現在安定操業している製造現場の「安全」を再確認することが必要である。

以上のような背景を踏まえて化学企業，化学プロセスにおける安全確保の方策について化学技術者の立場から以下の問いに答えよ。

- （1）化学プロセスに関する安全上の技術課題を多面的に3つ抽出し，その内容を述べよ。
- （2）前問（1）で抽出した技術課題のうち，最も重要と考える技術課題を1つ挙げて，その理由を述べ，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）で示した解決策に関連して新たに生じうるリスクとその対策について述べよ。