

5-5 化学装置及び設備【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2設問を選び解答せよ。（設問ごとに答案用紙を替えて解答設問番号を明記し、それぞれ1枚以内にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 エチレンやプロピレンなどの軽質オレフィンは、主としてプラスチックなどの汎用品として用いられるため、最も安価な原料を用いて製造されてきた。これまで日本では輸入原油から液体燃料を製造する際に副生する軽質ナフサを原料としてきた。今後、世界的にナフサ以外の原料にも注目する必要がある。ナフサ以外の原料を用いたエチレン、プロピレン製造技術を2つ以上挙げ、それぞれの原料、内容と特徴を説明せよ。

Ⅱ-1-2 我々の身の回りには物質、熱（エネルギー）、運動量に関する種々の移動現象が見られ、有用物質の生産や生産プロセスの効率化や高精度化のために積極的に利用されている。

- (1) 運動量移動、熱移動及び物質移動は、輸送物性と推進力の積として現象方程式により表現される。それぞれを記述する法則について式を用いて説明せよ。
- (2) これらの移動現象のアナロジーについて説明せよ。さらに、2つ以上の移動現象が同時に起きている事象について事例を1つ挙げて説明せよ。

Ⅱ-1-3 攪拌・混合のスケールアップは単位容積当たりの攪拌動力 P_v 一定で行うことで、多くの混合系でラボと実機の結果が相関されている。

- (1) 動力数 N_p を用いて、上記攪拌動力 P_v を表す式を示せ。使用する記号は定義と単位を明記すること。
- (2) この攪拌機の幾何学的相似と P_v 一定でラボの結果をスケールアップした場合、陥りやすいラボと実機の相違点を2つ以上例示して、それぞれ説明し対応策を述べよ。

Ⅱ-1-4 以下に挙げる項目の中から3つを選び、それぞれについて知るところ述べよ。

- (1) Arrheniusの式
- (2) 終末沈降速度
- (3) 総括伝熱係数
- (4) 相対揮発度（又は比揮発度）
- (5) 伝達関数

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。（解答設問番号を明記し，答案用紙２枚以内にまとめよ。）

Ⅱ－２－１ あなたの会社の研究所が既存の商品をはるかに上回る性能の機能化学品の合成に成功し物質特許も取得した。複数の反応工程を経る製法である。あなたはその工業化のリーダーに任命された。ラボで研究を行ってきた担当者に会って話を聞くと，良い性能の製品を得ることに主眼を置いて研究した為に収率の観点での検討はせず，反応後は蒸留，晶析，吸着などを行って99.9%以上の純度まで精製してから次工程に使用したとのことであった。これからあなたが工業化研究を主導するに当たり，次の問いに答えよ。

- (1) これから採取すべきデータを5つ以上挙げよ。
- (2) 具体的な工業化研究の進め方の手順を述べよ。
- (3) 工業化研究を終了させ事業化判断の報告をする際に当たって，留意すべき点について述べよ。

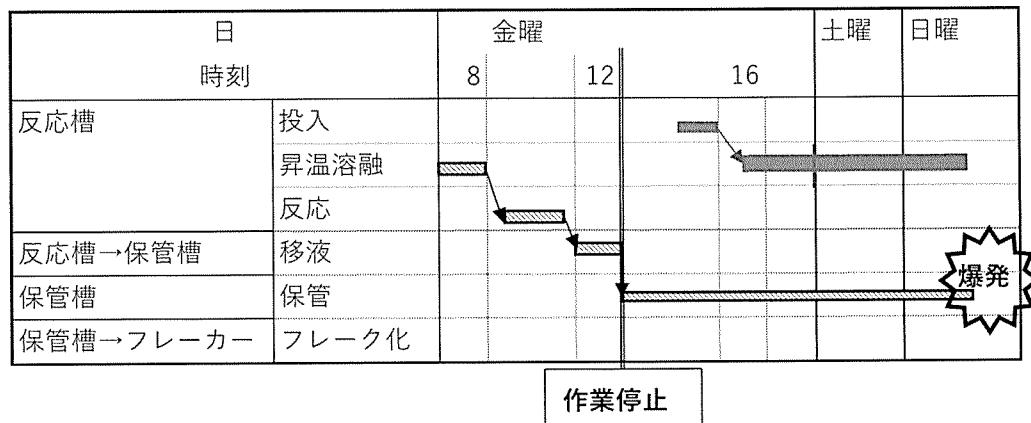
Ⅱ－２－２ ある金曜日の午後，2600kgバッチ反応終了後，熔融状態の中間体が得られ，保管槽に移された。しかし，この日，フレーカーに技術的な問題が生じたため，ここで作業がストップしてしまった。

フレーカーの技術的な問題は，解決に土日が必要であるが，月曜の朝には，運転可能であり，午前中には，この中間体の袋詰めまで終わらせることができる。作業手順としては，このバッチは，保管槽にこのまま保温状態でとどめ，反応器に次のバッチの原料を仕込んでおけば生産量減もなく，作業量も増えない。週末の間，90℃に保てば，品質上の劣化は，6％であり，問題にならない。マニュアル上は，このような突発的な機械トラブルに対応するための記述はない。

そこで，中間体を週末の間，保管槽で保管することにした。しかし，日曜の夜に保管槽が爆発し，甚大な物的被害を及ぼした。

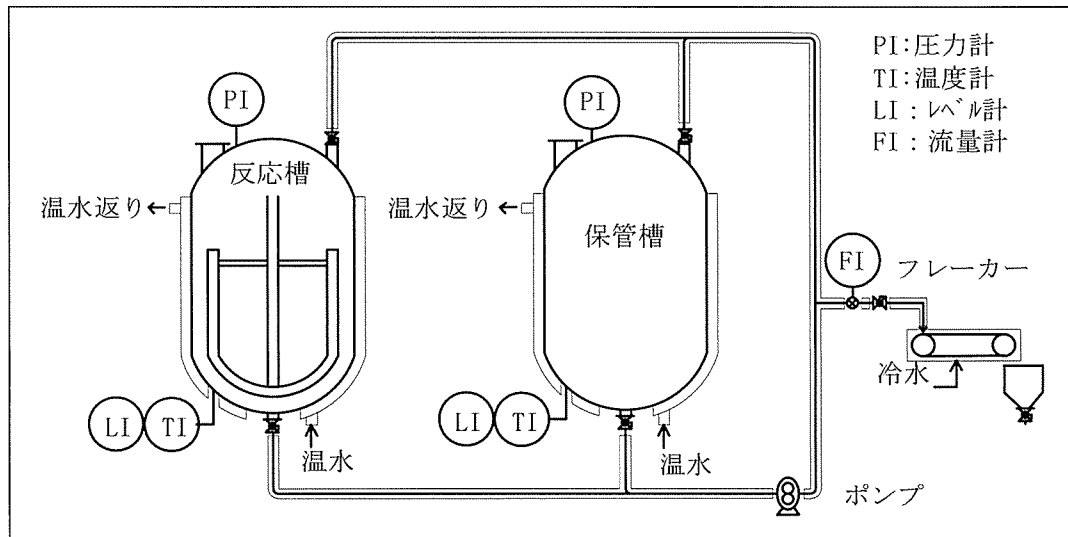
金曜日の作業停止時点において，あなたがこの工場長の立場であったとしたら，その時点までの情報から，どのような対処をするか。

- (1) このバッチ，次のバッチへの対処方法を述べよ。
- (2) 対処方法を実施するに当たり，生産量，品質，作業量，安全性を考慮し，その理由を述べよ。
- (3) 爆発を未然に防げたとして，今後実施すべき対応内容と理由を述べよ。



【前提条件】ある化学工場の工場長がおり，工場長は，その装置の設計者であり，作業内容を記したマニュアルの承認者であった。この装置は，ある中間体の製造装置であり，概略下図のように，攪拌機付きのバッチ反応槽と攪拌機のない保管槽，中間体を冷却しフレークとするフレーカー，移送するポンプ，反応器・保管槽の温度を調節する温水設備，用役設備から作られている。その他，原料，触媒，開始剤，イナートガスの供給設備等があるが，省略している。中間体は，反応器に粉体の原料を仕込み，温水設備で一晩かけて加温熔融後，開始剤を加え，90℃で2時間反応させて生成させる。生成した

中間体は、熔融状態で、全量保管槽に移した後、3時間かけてフレーカーに供給され40℃まで冷やしフレークとして袋詰めされる。空になった反応器には、次のバッチの原料粉が投入され、加温熔融が開始される。



日 時刻		火曜			水曜		
		8	12	16	8	12	16
反応槽	投入						
	昇温熔融	■		■	■		■
	反応	■	■	■	■	■	■
反応槽→保管槽	移液		■			■	
保管槽→フレーカー	フレーク化			■			■

日 時刻		金曜			土曜	日曜	月曜		
		8	12	16			8	12	16
反応槽	投入								
	昇温熔融	■		■	■	■	■		■
	反応	■	■	■	■	■	■	■	■
反応槽→保管槽	移液		■					■	
保管槽→フレーカー	フレーク化			■					■

これらの作業は、土日休みの昼間の作業で進められる。夜間は、原料の加温熔融のみが行われるので、遠くの中央監視室で温度、圧力、レベルを監視し、異常があったときのみ、パトロールにゆく管理をしている。

この装置は、もともと、保管槽がなく、反応槽から直接フレーカーに送るもので、週に2バッチ作るために設置された。この時は、1日目に反応のみを行い、その晩は、反応器で攪拌しながら、90℃で保管し、翌日、フレーク化と次バッチの原料投入、熔融開始を行っていた。しかし、中間体の需要が増え、生産性を上げるため、保管槽を設け、休日にも、原料の昇温熔融を行い、週に5バッチ生産できるように増強した。

この中間体は、次の性質を持ち、90℃では不安定で分解しやすいことが知られている。

- ・品質試験では90℃で保持できれば1日2%の割合で分解する。ただし、品質上、10%までの品質劣化は許容される。増強前は、中間体を、土日の間、反応槽で攪拌しながら、貯蔵することもあったが、品質上問題なかった。
- ・上記分解反応は、10℃上昇するごとに反応速度が2倍になる。
- ・DSC（示差熱分析）測定では、200℃から800kJ/kgの発熱分解が始まる。
- ・比熱は、2kJ/(kg・K)である。

5-5 化学装置及び設備【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。（解答問題番号を明記し，答案用紙3枚以内にまとめよ。）

Ⅲ-1 国内の石油精製，石油化学設備の多くは，国内市場の縮小やグローバル化によるコスト競争などの影響を受け，長期にわたり設備の新設や増設がほとんどなされず経年化，老朽化が進みつつある。さらに今後，高機能製品の製造設備への投資は拡大する一方で，汎用的なバルク製品の製造設備への投資は好転しないことが予想され，高経年設備による生産の信頼性維持が重要な課題となっている。

- (1) 化学装置及び設備に携わる技術者として検討しなければならない具体的な課題をそれぞれ設備管理及び運転管理の観点から1つずつ挙げ，説明せよ。
- (2) あなたが挙げた2つの課題から1つ選び，それを解決するための技術的提案を具体的に示せ。
- (3) あなたの技術的提案により生じ得るリスクについて説明し，その対処方法を述べよ。

Ⅲ-2 約20年後の2040年に想定されるリスクを挙げ，そのために化学装置及び設備の技術者が今から開始する必要のある技術開発について述べよ。

- (1) あなたの想定する2040年の状況とそのときの問題を1つ挙げ，なぜそうなるか考えるかを述べよ。想定する対象は日本の状況であっても世界の状況であってもよい。ただし，解答の際にはどちらを対象にするかを明記すること。
- (2) (1) で挙げた問題を解決する手段や方法について具体的な技術的事項を挙げよ。解答する技術事項の数は1つでも複数のどちらでもよい。また，なぜ今から技術開発が必要かについて述べ，どのように開発を進めるかについても述べよ。
- (3) あなたが(2)で挙げた手段や方法がもたらすであろうリスクやトラブルを挙げ，その対処方法について述べよ。