

熱分野
専門区分

課目Ⅳ 熱利用設備及びその管理

試験時間 10:50～12:40 (110分)

2

時限

必須 問題11, 12	計測及び制御	1～7 ページ
必須 問題13, 14	ボイラ、蒸気輸送・貯蔵装置、 蒸気原動機・内燃機関・ガスタービン	9～15 ページ

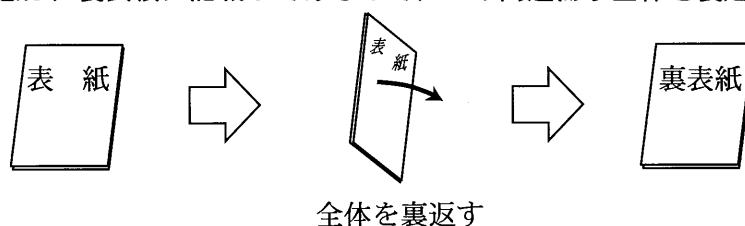
次の問題15から問題18までは、4問題中2問題を選択して解答すること。

選択 問題15	熱交換器・熱回収装置	} 2問題を選択	17～19 ページ
選択 問題16	冷凍・空気調和設備		21～23 ページ
選択 問題17	工業炉、熱設備材料		24～26 ページ
選択 問題18	蒸留・蒸発・濃縮装置、 乾燥装置、乾留・ガス化装置		27～30 ページ

I 全般的な注意

1. 試験開始の指示があるまで、この問題冊子の中を見ないこと。
2. 試験中に問題の印刷不鮮明、冊子のページの落丁・乱丁などに気付いた場合は、係の者に知らせること。
3. 問題の解答は答案用紙（マークシート）に記入すること。
4. 答案用紙の記入に当たっては、答案用紙に記載の「記入上の注意」に従うこと。「記入上の注意」に従わない場合には採点されない。該当欄以外にはマークや記入をしないこと。
5. 問題冊子の余白部分は計算用紙などに適宜利用してよい。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

解答上の注意は、裏表紙に記載してあるので、この問題冊子全体を裏返して必ず読むこと。



指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
問題の内容に関する質問にはお答えできません。

(計測及び制御)

問題 11 次の各文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句又は数値をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、 及び は 3 箇所、 は 2 箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計 50 点)

(1) 熱電対とは、2 種類の異なる金属線の両端を接合したときの接点間の熱起電力を利用した温度センサーである。温度を一定に保った基準接点と測温接点の間の熱起電力を計測することで、測温接点の温度が測定できる。

図 1 は、基準接点の温度を 0°C とした場合の熱電対の特性について、熱起電力 [mV] を縦軸、温度 [$^{\circ}\text{C}$] を横軸にして示したものであり、図中の a ~ d は、JIS で規定されている代表的な熱電対である B 型、K 型、R 型及び T 型熱電対のいずれかに該当する。

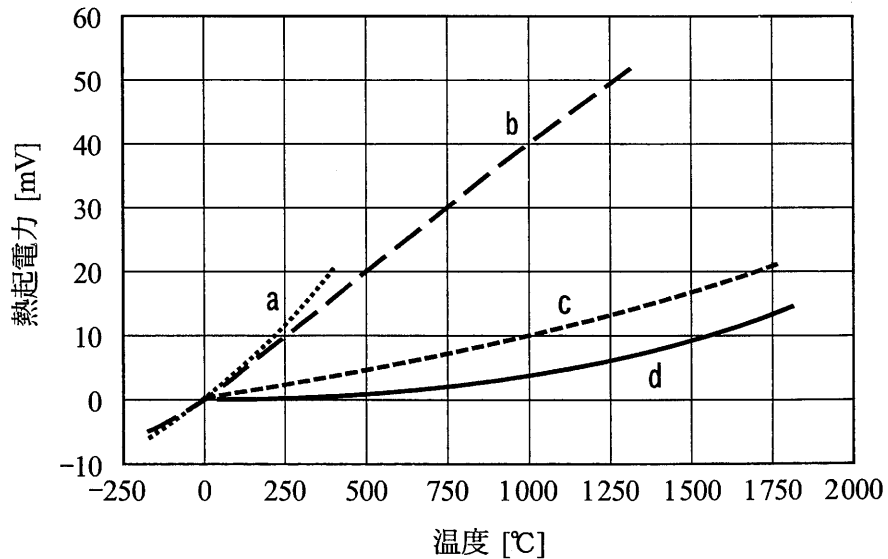


図 1

- 1) 図中の a は 熱電対であり、温度に対する熱起電力の変化が最も大きい、使用可能な温度範囲が最も狭い。
- 2) 図中の b は 熱電対であり、素線の材料に「ニッケル及びクロムを主体とした合金」と「ニッケルを主体とした合金」を用いている。温度に対する熱起電力の変化は a よりもやや小さいが、使用可能な温度範囲が広く一般によく使われている。
- 3) 図中の c と d はいずれも素線の材料に貴金属を用いたものである。c は 熱電対で を組み合わせたものであり、d は 熱電対で を組み合わせたものである。
- 4) 熱電対を用いた計測では、熱起電力を温度に変換して表示する指示器を用いるが、この指示器と熱電対の種類を正しく組み合わせなければならない。例えば、基準接点を 0°C に保って 10mV の熱起電力が得られていた場合、c の熱電対に d の指示器を誤って使用すると、実際の正しい温度と約 $^{\circ}\text{C}$ の差が出る。

〈 ~ の解答群 〉

- ア 5 イ 50 ウ 500
- エ B 型 オ K 型 カ R 型 キ T 型
- ク 「ロジウム 13% を含む白金ロジウム合金」と「白金」
- ケ 「ロジウム 30% を含む白金ロジウム合金」と「ロジウム 6% を含む白金ロジウム合金」
- コ 「鉄」と「コンスタンタン」
- サ 「銅」と「コンスタンタン」

問題 11 の (2) 及び (3) は次の 3 頁及び 4 頁にある

(2) 空気中に含まれる水蒸気の割合を表す量は [8] である。これは建物内の空気調和、食品の保存、気象観測などで測定項目となっており、製造業においても乾燥プロセスや一部の化学プロセスにおいて必須の制御量である。

気体中に含まれる水蒸気の含有量に比例した分圧を [9] と呼び、一定容積の気体に含有できる水蒸気の量は温度によってその上限が決まっている。この上限の分圧を [10] という。また、[9] を [10] で除して100倍したものを相対湿度という。

相対湿度の測定に使用する乾湿球湿度計は、気体の温度を測定する温度計（乾球）と、水を染み込ませたガーゼをかぶせた温度計（湿球）を使用している。この湿度計では、水の蒸発により湿球温度が低下する際に、周囲の気体の [9] と [10] の差が、乾球と湿球との [11] から求められることを利用して相対湿度を求めている。

< [8] ~ [11] の解答群 >

- | | | | |
|----------|--------|----------|------------|
| ア 乾き度 | イ 湿度 | ウ 湿り空気温度 | エ 飽和湿り空気温度 |
| オ 露点 | カ 水蒸気圧 | キ 絶対圧 | ク 大気圧 |
| ケ 飽和水蒸気圧 | コ 温度の差 | サ 温度の比 | シ 温度の和 |

(3) 容積式流量計は、流体をいわゆる「ます」で量る原理の流量計で、回転子の [12] と測定時間から流体の体積流量を求めている。

容積式流量計の回転子の形状には様々あり、液体と気体のいずれも計測できるものとして、オーバルギア式やルーツ式がある。円形ギア式、スパイラル回転子式、ロータリーピストン式などは [13] 用、膜式、湿式ドラム式は [14] 用として用いられる。

図2は、回転子としてオーバルギアを用いたものの原理である。図2において、上部から流体が流入してくると、圧力に押されてギアが (a) → (b) → (c) の順に回転する。そして、流量計を通過した流体の体積が回転子の [12] に比例することになる。

この形式の液体用流量計の特徴としては、次の①～③などが長所として挙げられる。

- ① 流量測定において特に [15] の精度が高い。
- ② 高粘度の流体の測定に特に適している。
- ③ 流量計前後に直管部を設ける必要がない。

一方、次の①～③などが短所として挙げられる。

- ① 流体中にごみや固形物があると、回転子間や回転子と壁の隙間に挟まって支障を来たす。
- ② 粘度の液体の計測では圧力損失が大きい。
- ③ 粘度の液体の計測では、流体が隙間から漏れやすく精度が悪くなる。

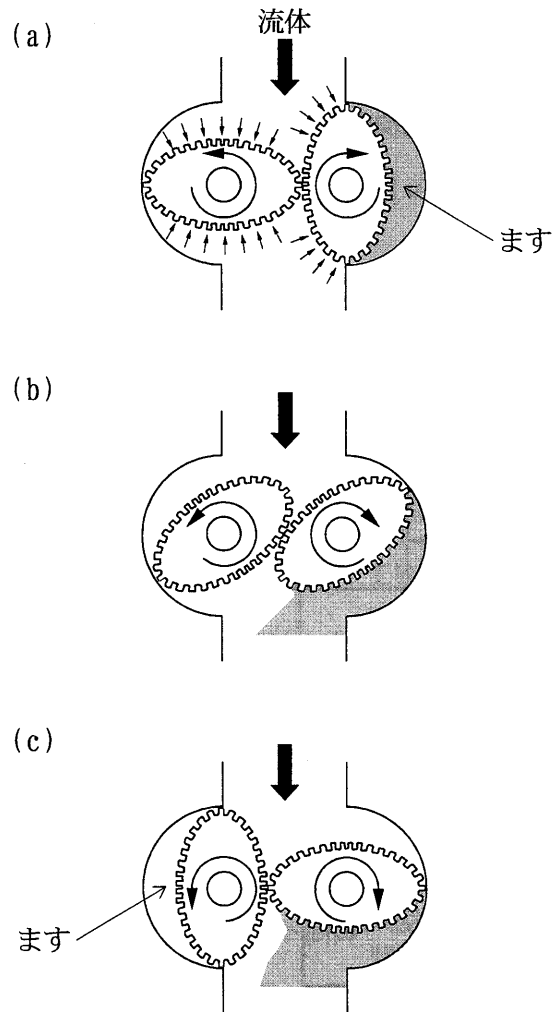


図2

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ア 液体 | イ 気体 | ウ 運動量 | エ 回転回数 |
| オ 回転周期 | カ 回転速度 | キ 高 | ク 低 |
| ケ 最大流量 | コ 瞬時流量 | サ 積算流量 | |

(計測及び制御)

問題 12 次の各文章及び図の ～ の中に入れるべき最も適切な字句又は数値をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、、、、、 及び ～ は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計 50 点)

図 1 は、被加熱体を燃焼により加熱するための炉である。この炉では、燃料ガス流量を加減することにより、加熱炉温度を一定に保つように制御されている。

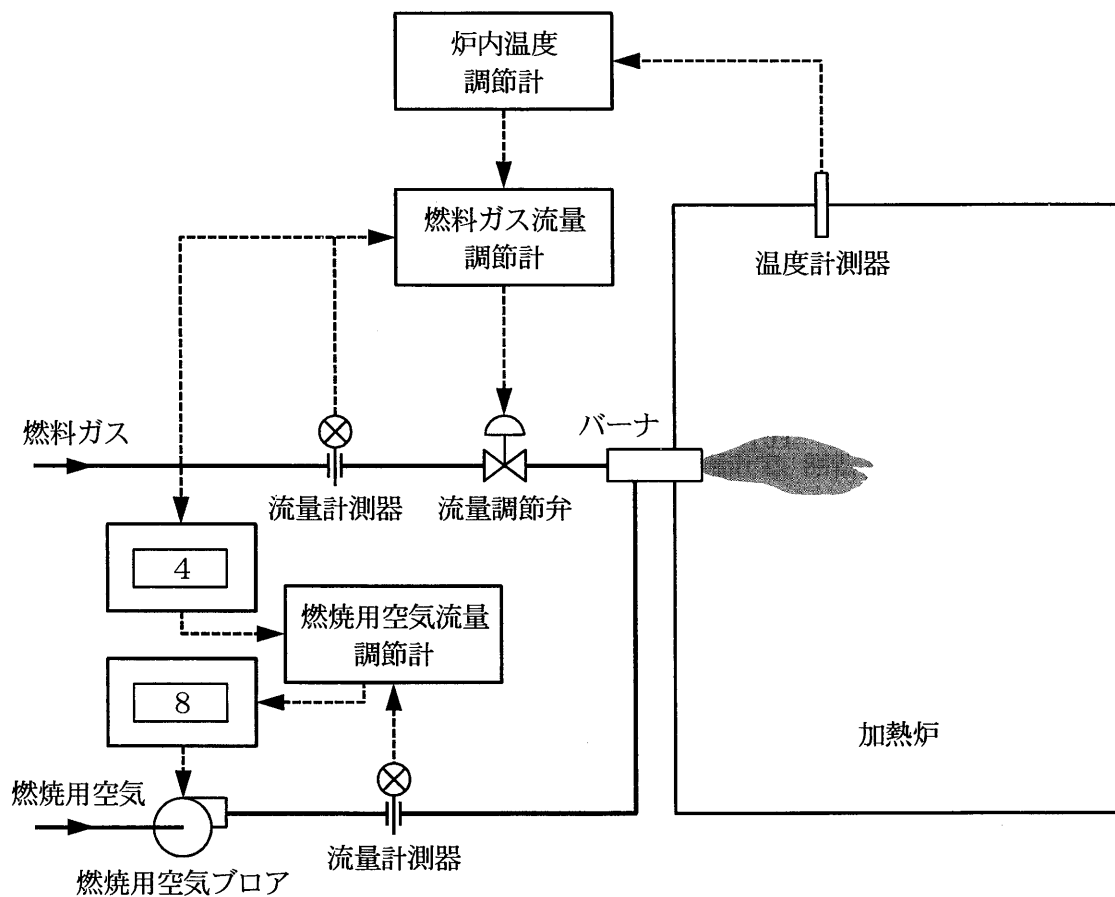


図 1

1) 燃料ガス流量を制御する燃料ガス流量調節計の目標値を、炉内温度調節計の制御出力により与えている。このような炉内温度調節計と燃料ガス流量調節計の組み合わせの制御を [1] と呼ぶ。また、この例で、炉内温度調節計をその [2]、燃料ガス流量調節計をその [3] と呼ぶ。

2) 省エネルギーの観点から適切な空気比による燃焼を維持するため、できるだけ過剰な空気量を抑える必要がある。このため、[4] を経由して燃焼用空気流量を燃料ガス流量に応じた適正量にする [5] が適用される。[1] 及び [5] のように、変化する目標値に追従していく制御を総じて [6] と呼ぶ。

[6] としてよく使用されるものとして、他に [7] がある。

3) 加熱炉の燃焼用空気は、燃焼用空気ブロワでバーナに送り込まれる。その流量制御の操作端として、この例では、従来用いられている入口ベーンの代わりに、ブロワの回転速度を操作する [8] を使用することにより省エネルギーを図っている。これにより、空気流量が定格の $\frac{1}{2}$ になった場合に、ブロワの電力消費量は理論上定格の [9] になる。

< [1] ~ [9] の解答群 >

ア $\frac{1}{8}$

イ $\frac{1}{4}$

ウ $\frac{1}{2}$

エ インバータ

オ カスケード制御

カ フィードフォワード制御

キ プログラム制御

ク 追値制御

ケ 比率制御

コ 一次調節計

サ 二次調節計

シ 主調節計

ス 副調節計

セ 電電変換器

ソ 比率設定器

タ 分配器

問題 12 の 4) は次の 7 頁にある

4) 図1における温度制御及び流量制御の具体的な制御の仕組みは図2の構成になる。このような構成の制御系では、系が安定している時に目標値の変更や制御対象に **10** が与えられると、その影響で目標値と測定値の間に **11** が現われ、**12** はそれをなくす方向に制御出力を変化させる働きをする。その他、この制御系は **13**、**14**、**15** などで構成されている。このような構成の制御系を **16** 系と呼ぶ。

この図の制御系を構成する各部分について、信号の流れに重点を置いて図示したものを **17** と呼び、各ブロックには、ラプラス変換形式で記述された **18** が記入される。

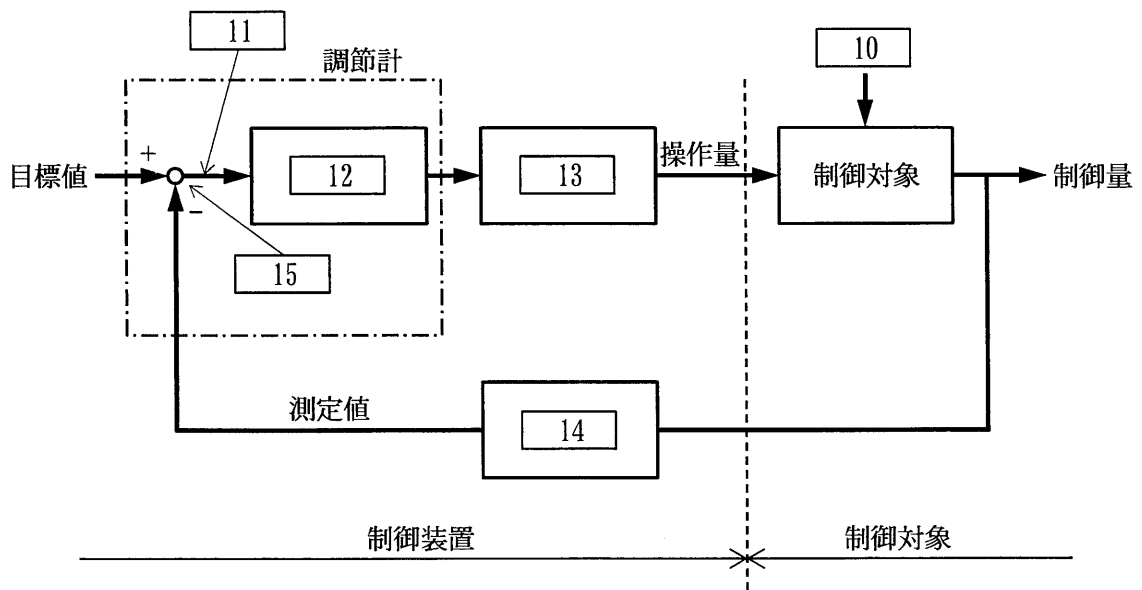


図2

< **10** ~ **18** の解答群 >

- | | | | |
|-------------|--------|---------------|--------|
| ア フィードバック制御 | | イ フィードフォワード制御 | |
| ウ ブロック線図 | エ 信号線図 | オ 演算式 | カ 伝達関数 |
| キ 外乱 | ク 誤差 | ケ 偏差 | コ 検出部 |
| サ 制御演算部 | シ 操作部 | ス 動作部 | セ 比較部 |
| ソ 変換部 | タ 補償部 | | |

(空 白)

(ボイラ、蒸気輸送・貯蔵装置、蒸気原動機・内燃機関・ガスタービン)

問題13 次の各文章の ～ の中に入れるべき最も適切な字句、数値又は式をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、、、 及び は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

また、 及び に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。ただし、解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。(配点計 50 点)

(1) 発電用ボイラの水管理では、ボイラに給水する水質及びボイラ内にあるボイラ水の水質を適正に管理して、水質に起因するボイラの障害やエネルギー損失を予防することが重要である。

1) 水質管理が適正に行われないと、例えば、蒸気を発生するドラムボイラにおいて、ドラムで気水分離されているはずにもかかわらず、本来含まれてはならない不純物が蒸気に含まれることがある。これをキャリーオーバーというが、その中には、ボイラ負荷の変動などにより急激な蒸発が起こり、ドラム内に発生した泡や水滴が気水分離されず外に運び出されてしまう現象の や、ボイラ水の濃縮や有機物の存在でドラム水面上に気泡層が生じる現象の がある。

2) シリカのキャリーオーバーは、 や でボイラ外へ運び出されるほかに、蒸気に溶解して排出されるものがある。この蒸気への溶解度は圧力が上がるにつれて なるので、ボイラ水中のシリカ濃度は蒸気圧力が 7.5～10 MPa では 2 ppm 程度に、蒸気圧力が 10～15 MPa では [ppm] 程度に抑えることが肝要である。缶水内のシリカ濃度を低減する方法としては缶水 が効果的であり、連続的に行われることが多い。

< ～ の解答群 >

ア 0.3	イ 0.9	ウ 1.5	エ コンタミネーション
オ スケーリング	カ フォーミング	キ プライミング	ク ブロー
ケ 循環	コ 脱気	サ 核沸騰	シ 膜沸騰
ス 小さく	セ 大きく	ソ 一定に	

3) ドラム内でキャリーオーバーが生じると、シリカなどの固形物が や に付着することが懸念され、 での付着は の減少によってボイラ効率を低下させ、 での付着は を低下させる障害を起こすことになる。

< ~ の解答群 >

- | | | |
|-----------|------------|-----------|
| ア 管肉厚 | イ 吸収熱量 | ウ 蒸発量 |
| エ ドレン排出機能 | オ 蒸気タービン性能 | カ 復水器真空 |
| キ 過熱器管 | ク 火炉壁管 | ケ 節炭器管 |
| コ 復水器管 | サ 主蒸気ドレン弁 | シ 蒸気タービン翼 |

(2) ボイラでの燃焼に伴って発生する NO_x の抑制方法として、燃焼の改善及び燃料の改善がある。

1) 燃焼の改善は、炉内の燃焼状態を NO_x が生成しにくいように改善する技術であり、その主要素として次の①～③が挙げられる。

- ① 燃焼域での酸素濃度を する。
- ② 高温域での燃焼ガスの滞留時間を短くする。
- ③ バーナでの を低くする。

具体例として、燃焼過程を2段階に分割し、1段目で を行わせて NO_x を還元し、2段目で完全燃焼させる2段燃焼法などがある。

2) 燃料の改善は、 の少ない燃料を使用することである。

< ~ の解答群 >

- | | | |
|----------|----------|-----------|
| ア 硫黄分 | イ 炭素分 | ウ 窒素分 |
| エ 燃焼位置 | オ 燃焼温度 | カ 未燃分比率 |
| キ 燃料過濃燃焼 | ク 燃料希薄燃焼 | ケ 希薄予混合燃焼 |
| コ 低く | サ 高く | シ 維持 |

問題 13 の (3) は次の 11 頁にある

(3) 表に示す条件で運転をしている油^だ焚きのボイラがある。このボイラで空気比を低減し、排ガスを約8%減らすことによって、ボイラ効率を改善することを考えることとし、その効率向上値を次の手順で求める。

ただし、ボイラにおける蒸発量及び発生蒸気の温度、圧力は一定とし、排ガス温度及び定圧比熱も変わらないものとする。また、このとき、燃料の発熱量以外に入熱はなく、未燃分などによるその他の熱損失は無視できるものとする。

表 ボイラの運転条件

項目	単位	空気比低減前	空気比低減後
燃料1kg当たりの排ガス量	kg/kg	17.6	16.2
燃料1kg当たりの低発熱量	MJ/kg	40.9	
ボイラ排ガス温度	℃	180	
排ガスの平均定圧比熱	kJ/(kg·K)	1.07	
大気温度	℃	15	

- 1) 空気比低減前の燃料1kg当たりの排ガスの損失熱量は、 $\boxed{A} \boxed{a.bc} \times 10^3$ [kJ/kg] と求められる。
- 2) 同様に、空気比低減後の燃料1kg当たりの排ガスの損失熱量を算出し、その差を求めると損失熱量が $\boxed{B} \boxed{a.b} \times 10^2$ [kJ/kg] 減少することが分かる。
- 3) したがって、空気比低減前のボイラ効率 η [%] は、空気比低減後には $\boxed{14}$ [%] に向上する。

< $\boxed{14}$ の解答群 >

ア $\eta + 0.6$

イ $\eta + 0.7$

ウ $\eta + 0.8$

(空 白)

(ボイラ、蒸気輸送・貯蔵装置、蒸気原動機・内燃機関・ガスタービン)

問題 14 次の各文章の [1] ~ [20] の中に入れるべき最も適切な字句、数値又は記述をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、[5]、[17] 及び [19] は 2 箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計 50 点)

(1) 火力発電システムの熱消費率に関する改善例を次に示す。

1) 給水加熱器段数を [1] させ、給水ポンプなどの補機類を蒸気タービン駆動とし、ボイラの空気予熱器や燃料油加熱器などの加熱源として用いられる補助蒸気を [2] で供給することなどにより、熱消費率は改善される。

< [1] 及び [2] の解答群 >

ア タービン抽気 イ タービン排気 ウ ボイラ高圧蒸気
エ 減少 オ 増加

2) 蒸気タービンでは極力高い負荷率で運転することが重要であるが、部分負荷運転が要求される場合には [3] 運転を行うと熱消費率を改善できる。これは、タービン蒸気加減弁の開度を一定とし、[4] を変化させることによりタービン出力を制御する運転方法である。

この運転を行うことにより、次の①～③の改善が見込まれる。

- ① 蒸気加減弁における [5] 損失の低減によるタービン効率の向上
- ② 可変速度運転による [6] 動力の節減、[5] による高圧タービンでの温度降下の緩和
- ③ 温度降下の緩和による [7] の軽減

< [3] ~ [7] の解答群 >

ア 機械 イ 絞り ウ 外圧応力 エ 熱応力
オ 主蒸気圧力 カ 主蒸気温度 キ 給水ポンプ ク 再循環ポンプ
ケ 定圧 コ 変圧 サ 定温 シ 変温

(2) 内燃機関のうち、火花点火機関及びディーゼル機関については、共に圧縮比を大きくすることで熱効率を高められるが、その限界は次に示すように燃料性状に関係している。

1) 火花点火により着火する火花点火機関の圧縮比の値は、通常 程度である。また、一般に気化した燃料と空気の混合気の発火点は、圧力が高くなると する傾向にある。ガソリンと空気の混合気では、圧縮比を上げすぎると自己点火するため圧縮圧力に上限があり、さらに、自己点火による異常燃焼発生で、局所的な圧力急上昇を伴う 現象を発生させるため、防止対策として の燃料を選定する必要がある。

2) ディーゼル機関では、圧縮した高温の空気中に燃料を噴射して点火させるため、その圧縮比の値は 程度である。また、着火遅れが長いと急激な燃焼によって衝撃を起こす。この防止対策としては、着火性のよい の燃料を選定する必要がある。

〈 ~ の解答群 〉

- | | | | |
|----------|---------|---------|----------|
| ア 2~4 | イ 5~13 | ウ 12~22 | エ 25~35 |
| オ サージング | カ ノッキング | キ リンバーン | ク 低オクタン価 |
| ケ 高オクタン価 | コ 低セタン価 | サ 高セタン価 | シ 低下 |
| ス 上昇 | | | |

3) 1) 及び 2) より、火花点火機関とディーゼル機関の熱効率を、それぞれの機関の圧縮比で評価すると、一般的に といえることができる。

〈 の解答群 〉

- ア ディーゼル機関の方が火花点火機関より熱効率が高い
- イ 火花点火機関の方がディーゼル機関より熱効率が高い
- ウ 両者とも同等である

問題 14 の (3) は次の 15 頁にある

(3) ガスタービンの主要な構成要素である空気圧縮機の運転及び保守に際しては、次のような点に配慮が必要である。

1) 大型ガスタービンの場合には、空気量が多量となるので [15] が用いられる。運転時、特に低流量で圧力比を増していくと、大きな音響や管内圧力の変動を伴う [16] 現象が発生し、安定的運転からの逸脱や機器が損傷するおそれがあるので、現象発生の範囲を十分把握して安全な運転条件を確保する必要がある。

< [15] 及び [16] の解答群 >

- | | | |
|------------|---------|--------|
| ア キャビテーション | イ サージング | ウ 気柱共鳴 |
| エ 遠心式 | オ 軸流式 | カ 容積式 |

2) ガスタービンの騒音については、一般に圧縮機の [17] 口からの騒音が最も大きく、動静翼による昇圧や気流の乱れに伴い発生する [18] 成分が主たるものである。騒音防止対策としては [17] 消音器を設置することであるが、圧力損失が増大するため効率低下は免れない。

また、[19] 口の騒音は、燃焼器での燃焼音や燃焼ガスの膨張や乱れに伴うもので、対策としては [19] 消音器を設置することであるが、吸音材の耐熱性等が要求される。

ケーシングからの騒音対策としては、一般には [20] による遮音が行われている。

< [17] ~ [20] の解答群 >

- | | | | | |
|-----------|-------|------|-------|-------|
| ア エンクロージャ | イ 断熱材 | ウ 吸気 | エ 蒸気 | |
| オ 抽気 | カ 排気 | キ 放散 | ク 高周波 | ケ 低周波 |

選択問題

次の問題 15 から問題 18 までは、4 問題中
2 問題を選択して解答すること。

問題 15 熱交換器・熱回収装置

問題 16 冷凍・空気調和設備

問題 17 工業炉、熱設備材料

問題 18 蒸留・蒸発・濃縮装置、乾燥装置、乾留・ガス化装置

(熱交換器・熱回収装置 - 選択問題)

問題15 次の各問に答えよ。(配点計 40 点)

(1) 次の各文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句をそれぞれの解答群から
選び、その記号を答えよ。なお、 は2箇所あるが、同じ記号が入る。

1) 代表的な熱交換器として、円筒の胴内に配列した多数の伝熱管の内側と外側に流体を流して
熱交換を行う多管式熱交換器(シェルアンドチューブ)があるが、管と管板の取り付け方法により
次の①~③の三つの基本形式に分類される。

- ① 式: 管板を胴の両端に固定しその間に伝熱管を配列する最も簡便な方式であるが、
胴内部と伝熱管外側の間の空間は密閉されるので清掃や検査ができない。
- ② 式: 伝熱管が片側の管板だけに固定されており管束を引き抜くことができるので、
胴内部や伝熱管外面の清掃・検査が容易である。
- ③ 式: 直管の伝熱管を用いて両端を管板で支えているが、片方の管板が可動な構造
となっている。

このうち、伝熱管と胴の熱膨張の差に起因する の発生を防止できるのは、 の
二つの形式である。

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|---------|---------|------------|--------------------------|
| ア ジャケット | イ スパイラル | ウ ユングストローム | エ U字管 |
| オ 固定管板 | カ 二重管 | キ 遊動頭 | ク 伸縮 |
| ケ 熱応力 | コ 非可動 | サ 腐食 | シ 漏洩 <small>ろうえい</small> |
| ス ①と② | セ ①と③ | ソ ②と③ | |

2) 薄い平板に凹凸を付けた にガスケットを挟んで積層させて、その間に交互に低温流体と高温流体を通して熱交換する熱交換器を 式熱交換器という。圧力損失は大きいですが、単位体積当たりの を大きくすることが可能である。

また、ヒートパイプ式熱交換器は、両端を閉じた管に封入した作動流体の作用により熱を伝えるもので、作動流体が管の一端で外部から熱を受けて蒸発し、他端で して熱を放出することで熱交換が行われる。この熱交換器の特徴は、小さな で多量の熱を輸送できることである。

〈 ~ の解答群 〉

ア プレート	イ ユングストローム	ウ フィン付管	エ 伝熱面積
オ 温度差	カ 気化	キ 凝縮	ク 熱通過率
ケ 熱伝達率	コ 熱容量	サ 比熱	シ 沸騰

3) 排熱回収では、対象となる排熱の形態に応じて最適な熱回収システムを検討する必要がある。排ガスから給水に熱を回収するシステムとして がある。このシステムでは、水の入口に近い伝熱管の管壁温度が低温となる場合があり、特に燃料中の S 分が多い場合、低温腐食に注意が必要である。

また、連続的に操業する 1000℃ 以上の高温の加熱炉では、蓄熱材として を用いた蓄熱器が組み込まれる。この蓄熱器をバーナに直結したシステムでは、燃焼用空気を炉内排ガスと同程度の高い温度まで加熱、熱回収することが可能となり、大幅な省エネルギー効果を発揮している。

〈 及び の解答群 〉

ア エコマイザ	イ ラジアントチューブ	ウ レキュペレータ
エ セラミック	オ スチール	カ プラスチック

問題 15 の (2) は次の 19 頁にある

- (2) 次の各文章の $\boxed{A \mid ab.c}$ ～ $\boxed{D \mid ab.c}$ に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。
ただし、解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。

温排水からの熱回収を行っている向流形の二重管式熱交換器がある。この熱交換器において、高温側の流体として比熱が $4 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ の温排水が、質量流量 2 kg/s 、入口温度 90°C で流入している。一方、加熱される低温側の流体として比熱が $2 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ の熱媒体が、質量流量 5 kg/s 、入口温度 20°C で流入して熱交換を行っている。このとき、高温側の流体である温排水の出口温度は 45°C であった。ただし、両流体共にこの熱交換の温度範囲では相変化がなく、外部への熱損失はないものとする。

- 1) 低温側の流体である熱媒体の出口温度は、 $\boxed{A \mid ab.c}$ $^\circ\text{C}$ である。
- 2) 低温側の流体である熱媒体側の温度効率、 $\boxed{B \mid ab.c}$ [%] である。
- 3) この熱交換器のエネルギー効率は、 $\boxed{C \mid ab.c}$ [%] である。ただし、交換可能な最大の熱量に対する、実際に交換された熱量の比をエネルギー効率という。
- 4) この熱交換器の清掃管理基準である「高温側の流体である温排水側の温度効率が 55% 以上」を維持するためには、高温側の流体である温排水の出口温度が $\boxed{D \mid ab.c}$ $^\circ\text{C}$ まで上昇した時期を目安に清掃に着手すればよい。

(空 白)

(冷凍・空調設備 - 選択問題)

問題 16 次の各文章の 1 ~ 16 の中に入れるべき最も適切な字句、数値又は記述をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、一つの解答群から同じ記号を 2 回以上使用してもよい。(配点計 40 点)

(1) 空調している居室における外気導入量の制御は、空調設備における主要な省エネルギー対策の一つである。

冷房時の空調プロセスを湿り空気 $h-x$ 線図上に表した次の図を用いて、外気導入量の制御について考える。

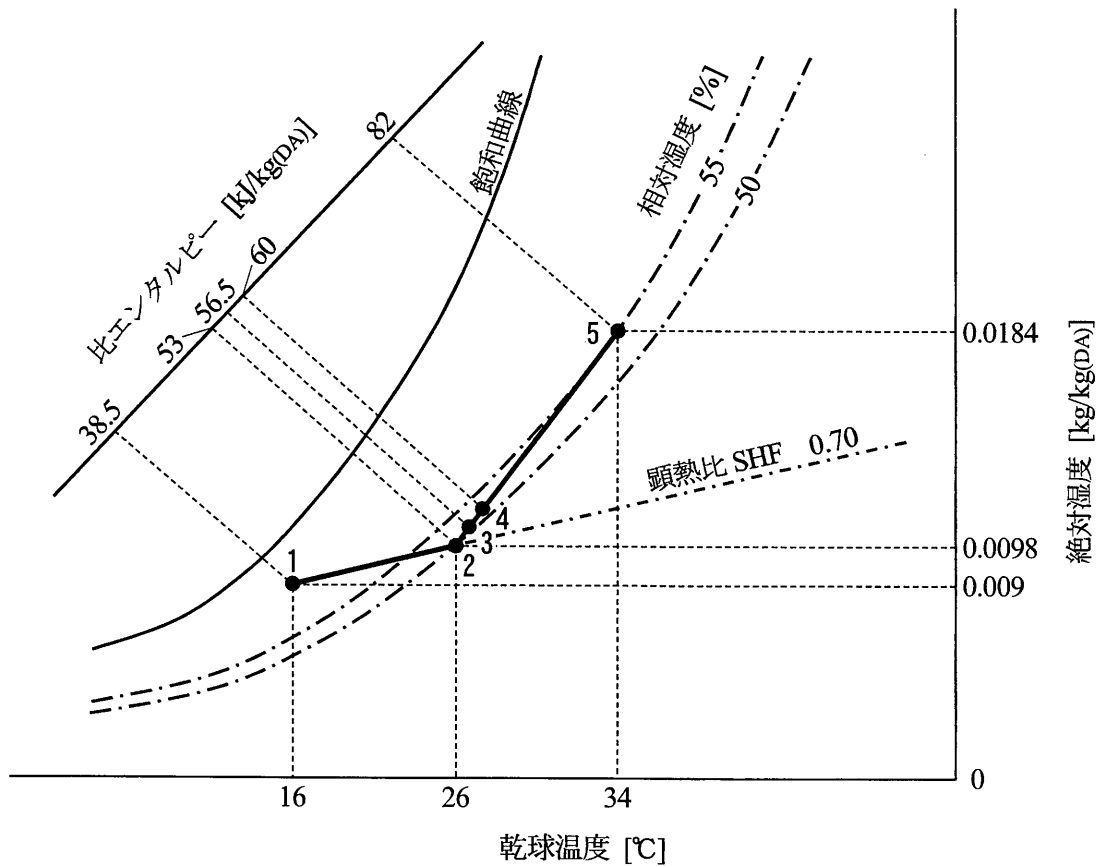


図 湿り空気 $h-x$ 線図上の冷房プロセス

1) 外気負荷を合理的に削減する手段としては、居室使用時の 1 や、予冷時の 2 などがある。逆に、外気を積極的に取り入れることにより空調エネルギーを削減する手段として 3 や 4 と呼ばれるものがある。これらのうちで、我が国の寒冷地を除く地域において通常の空調使用条件で真夏の昼間にも用いられるのは 5 である。

< 1 ~ 5 の解答群 >

- | | | |
|----------|------------|----------|
| ア ナイトパージ | イ ヒートパイプ | ウ 外気冷房 |
| エ 圧力一定制御 | オ 外気カット制御 | カ 可変風量制御 |
| キ 台数制御 | ク 炭酸ガス濃度制御 | ケ ゆらぎ制御 |

2) 外気負荷の削減例として、図において、室内の環境基準を遵守した上で外気導入量を通常運転時の50%に絞ることができた場合について考える。ここで、室内への空調空気の送風量を2000 m³/h、室内の顕熱比を0.7とする。また、空気の密度は1.2 kg/m³とする。

i) 図中の1~4は、それぞれ「室内空気」、「空調吹出し空気」、「通常時の室内と外気の混合空気」、「外気50%削減時の室内と外気の混合空気」の各状態点のいずれかを示し、状態点5は外気を示すものとする。

ここで、室内空気の状態点は 6 で示される。また、外気導入量を通常運転に対して50%に削減することができたとすると、外気と室内空気の混合空気の状態点は 7 に移動する。

< 6 及び 7 の解答群 >

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ア 1 | イ 2 | ウ 3 | エ 4 |
| オ 2から4 | カ 3から4 | キ 4から2 | ク 4から3 |

ii) 通常運転時に除去しなければならない熱量は約 8 [kJ/h] であるから、外気量の削減によりエネルギー消費量は約 9 [%] 削減される。同様に、外気導入を全く行わない場合には約 10 [%] のエネルギー消費量の削減が可能である。

< 8 ~ 10 の解答群 >

- | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|------|
| ア 9 | イ 16 | ウ 25 | エ 33 | オ 48 |
| カ 17000 | キ 43000 | ク 52000 | ケ 70000 | |

問題 16 の (2) は次の 23 頁にある

(2) 空調設備の熱源に用いられる冷凍機の種類としては、蒸気圧縮冷凍機及び吸収冷凍機が代表的なものである。

1) 蒸気圧縮冷凍機の原理は の原理と同様で、密閉されたループ内で冷媒を機械的に圧縮することにより の順に循環させ、対象物の冷却を行うものである。圧縮の動力源としては一般的に電力が用いられる。

〈 及び の解答群 〉

- | | | | | | |
|---|----------|---|----------|---|----------|
| ア | ウォーターポンプ | イ | ケミカルポンプ | ウ | ヒートポンプ |
| エ | ロータリポンプ | オ | 凝縮-蒸発-膨張 | カ | 凝縮-膨張-蒸発 |
| キ | 蒸発-膨張-凝縮 | | | | |

2) 吸収冷凍機は、蒸気圧縮冷凍機における の働きを「吸収器と再生器」で行わせる吸収冷凍サイクルを用いるものであり、熱を駆動力としている。吸収冷凍機では、吸収剤として が広く用いられている。

3) 電動の蒸気圧縮冷凍機において入力は全て電力であり、その COP は、通常、入力電力を一次エネルギー換算せずに算出した値を用いる。一方、燃料を用いる吸収冷凍機では、入力となる燃料と電力を一次エネルギー換算した上で合算し、COP を算出している。このそれぞれの算出方法で比較すると、COP の値が高いのは である。

両者共に入力を全て一次エネルギー換算して算出した場合、例えば電動ターボ冷凍機とガス^{だき}焚二重効用吸収冷凍機を比較すると、一般的に 。

〈 ~ の解答群 〉

- | | | | | | | | |
|---|--------------------------|---|---------|---|----------|---|--------|
| ア | 塩化ナトリウム | イ | 塩化カルシウム | ウ | 臭化アンモニウム | エ | 臭化リチウム |
| オ | 圧縮機 | カ | 凝縮器 | キ | 蒸発器 | ク | 膨張弁 |
| ケ | 吸収冷凍機 | コ | 蒸気圧縮冷凍機 | | | | |
| サ | 両者の COP の高低は逆転せずに、差は広がる | | | | | | |
| シ | 両者の COP の高低は逆転しないが、差は縮まる | | | | | | |
| ス | 両者の COP の高低は逆転する | | | | | | |

(工業炉、熱設備材料 - 選択問題)

問題17 次の各問に答えよ。(配点計 40 点)

(1) 次の各文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、 は2箇所あるが、同じ記号が入る。

1) 工業炉を熱源で分類すると燃焼炉と電気炉に分けられる。燃焼炉では、火炎及び燃焼生成ガスからの や対流、あるいは一旦加熱された炉内壁からの によって材料が加熱される。

火炎や燃焼生成ガスが材料に触れながら加熱する方法を直接加熱方式という。ラジアントチューブ、 あるいはレトルトなど隔壁を設け、火炎や燃焼生成ガスが材料に触れないように加熱する方式を間接加熱方式という。

2) 電気炉には、誘導加熱、アーク加熱、 加熱などがあり、電子ビームやプラズマによる加熱も利用されている。電気炉は、間接加熱方式の燃焼炉と同様に に利用しやすく、更に高圧の炉にも用いられる。また、電気炉は燃焼炉に比べて高温が得やすいという特徴がある。

< ~ の解答群 >

ア バッチ	イ マッフル	ウ ムライト	エ 圧接
オ 減容	カ 酸化	キ 接触	ク 抵抗
ケ 伝導	コ 放射	サ 雰囲気熱処理	シ 溶解

3) 工業炉は、操業形態から分けると連続式とバッチ式に分類される。連続式の工業炉では材料の搬送装置が設置されており、その方式を大別すると、プッシャ形、、ストランド形の機械的搬送装置3種と、、自重搬送形に分類される。

< 及び の解答群 >

ア エスカレータ形	イ コンベヤ形	ウ スロープ形
エ 気流搬送形	オ 減圧搬送形	カ 真空搬送形

問題 17 の (2) 及び (3) は次の 25 頁及び 26 頁にある

(2) 次の各文章の [7] ~ [14] の中に入れるべき最も適切な字句又は式をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、[7] は2箇所あるが、同じ記号が入る。

1) 工業炉の省エネルギーについて、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」に基づく「工場等におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準」において、燃料の燃焼の管理では「 [7] 」の基準値、廃熱の回収利用の基準では「廃ガス温度及び廃熱回収率」の基準値、断熱の基準では「炉壁外面温度」の基準値を定めている。

燃料の燃焼熱を熱源とする工業炉においてそれらの基準値は、「 [7] 」では炉の種類別、燃料別に、「廃熱回収率」では [8] 別、定格容量別に、「炉壁外面温度」では [9] 別、位置（天井、側面、外気に接する底面）別に規定されている。

これらに則して燃料の燃焼熱を熱源とする工業炉の省エネルギーを図るために、燃焼状態に関する管理・計測、工業炉の保守・点検及び断熱化の措置、廃熱回収の効率を維持するための保守等を実施する必要がある。特に複数の燃焼設備を使用するときは、設備全体としての [10] が高くなるように管理標準を設定し、それぞれの設備の [11] を調整する。

< [7] ~ [11] の解答群 >

- | | | | |
|----------|--------|--------|---------|
| ア 温度 | イ 材料温度 | ウ 大気温度 | エ 排ガス温度 |
| オ 燃焼空気温度 | カ 燃料温度 | キ 炉内温度 | ク 空気比 |
| ケ 燃料比 | コ 酸素濃度 | サ 生産効率 | シ 熱回収率 |
| ス 熱効率 | セ 負荷 | | |

2) 燃焼炉の廃熱回収効率を高める設備として、近年では [12] バーナが多く採用されている。このバーナには小型化された蓄熱式熱交換器が装着されており、これにより高温の排ガスの顕熱を燃焼用空気の予熱として高効率で回収し、1000℃程度 of 高温空気を得ている。また、この高温空気を炉内に高速で噴出させ炉内の既燃ガスとの混合を促進させることによって、燃焼場での [13] 濃度を大幅に低下させることが可能となり、[14] の発生を抑制することができる。

< [12] ~ [14] の解答群 >

- | | | | | | |
|------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| ア CO | イ CO ₂ | ウ N ₂ | エ NO _x | オ O ₂ | カ SO _x |
| キ ダイリューション | ク リジェネレイティブ | ケ レキュペレイティブ | | | |

(3) 次の各文章の ～ の中に入れるべき最も適切な字句又は式をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、 及び は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

1) 断熱性の良好な熱設備材料として無機ファイバ製品が広く使用されている。

セラミックファイバは、 と を主成分とした人造鉱物繊維の総称で、非晶質の セラミックファイバと、結晶質で 含有量が多く、炉内温度が1300℃以上の高温の炉で断熱材として使用できる耐久性に優れた セラミックファイバがある。

また、 セラミックファイバは、1300℃以下の温度の炉で一般に用いられているが、発がん性などのリスク評価の結果から特定化学物質として規制され、平成27年11月以降はこれを取り扱う場合には、法律に基づく対策が必要となっている。

< ～ の解答群 >

- | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| ア アルミナ (Al_2O_3) | イ コンストラクト | ウ シリカ (SiO_2) |
| エ ジルコニア (ZrO_2) | オ ベース | カ リフラクトリ |
| キ 酸化クロム (Cr_2O_3) | ク 酸化マグネシウム (MgO) | ケ 酸化鉄 (Fe_2O_3) |
| コ 高アルミナ質 | サ 高クロム質 | シ 高ジルコニア質 |

2) 保温材として600℃以下の温度域では ウールが使用され、更に低い温度域では ウールが使用される。

< 及び の解答群 >

- | | | |
|----------|--------|--------|
| ア カルシウム | イ グラス | ウ セメント |
| エ プラスチック | オ ブロック | カ ロック |

(蒸留・蒸発・濃縮装置、乾燥装置、乾留・ガス化装置 — 選択問題)

問題 18 次の各問に答えよ。(配点計 40 点)

(1) 次の各文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、 は3箇所あるが、同じ記号が入る。

1) 精留塔において、各段で気液平衡が成り立っているとしたとき、所定の純度まで精留するのに必要な段数が 段数であるが、実際には 段数より多い段数を必要とする。

段数と実際に必要な所要段数との比を 効率という。

還流比を大きくすると分離は良くなるが、必要な段数は し、塔径が大きくなり、用役費が高くなる。

< ~ の解答群 >

ア 最小	イ 平衡	ウ 理想	エ 理論	オ 実
カ 段	キ 塔	ク 分離	ケ 減少	コ 増加

2) 蒸留塔の省エネルギーを図る方法についての記述のうち、明らかに間違っているものは次の①~⑥のうち 及び である。

- ① 多重効用型システムにおいて分離順序を改良する。
- ② 多成分系の分離は、成分数と同じ塔数にして分離順序を最適化する。
- ③ 塔の圧力損失 ΔP が大きくなるように充てん塔から棚段塔に変換する。
- ④ 塔頂蒸気や製品流体の持つ熱を回収し、プロセス流体の予熱など、他の用途に有効利用する。
- ⑤ 保温改善によって熱ロスを低減する。
- ⑥ 気液接触効率の向上、原料フィード段の最適化、制御システムの高度化などにより還流比を低下させる。

< 及び の解答群 >

ア ①	イ ②	ウ ③	エ ④	オ ⑤	カ ⑥
-----	-----	-----	-----	-----	-----

3) 蒸発操作で、複数の缶を用いて、第1缶で発生した蒸気を減圧状態で操作される第2缶の熱源として利用して蒸気を発生させ、そこからの発生蒸気を更に減圧状態で操作される次の缶の熱源として利用していく蒸発操作を [6] 法という。

加熱した溶液を、それより飽和圧力の低い容器に供給し沸騰蒸発を起こさせ、その発生蒸気により被濃縮液を予熱して凝縮潜熱を回収する蒸発操作を [7] 法という。

蒸気を断熱圧縮することで、発生蒸気の温度を上げるとともに凝縮させ、その凝縮潜熱を液の加熱に利用する蒸発操作を [8] 法という。

< [6] ~ [8] の解答群 >

- | | | |
|--------|-----------|----------|
| ア 共沸蒸発 | イ 蒸気圧縮 | ウ 真空蒸発 |
| エ 多重効用 | オ 多段フラッシュ | カ 多段連続蒸発 |

(2) 次の文章の [9] ~ [13] の中に入れるべき最も適切な字句を [9] ~ [13] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

石炭ガス化による合成天然ガス製造の一般的プロセスは、次の5工程で構成されている。

前処理 → [9] → [10] → ガス精製 → [11]

ガス化炉でのガス化反応の主反応は [12] であり、この反応が吸熱であることから、石炭の一部を燃焼させて反応熱を供給する。ガス化剤として水蒸気と酸素を用いると、ガス化炉出口で [13] を得る。

< [9] ~ [13] の解答群 >

- | | | |
|-----------|----------------------|-----------|
| ア CO 変成 | イ CO ₂ 改質 | ウ ガス化 |
| エ メタネーション | オ 水性ガス反応 | カ 水素化分解 |
| キ 熱分解 | ク 燃焼 | ケ 発生炉ガス反応 |
| コ 低カロリーガス | サ 中カロリーガス | シ 高カロリーガス |

問題 18 の (3) は次の 29 頁及び 30 頁にある

- (3) 次の各文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句を ~ の解答群 > から選び、その記号を答えよ。なお、 は2箇所あるが、同じ記号が入る。

図の (a) ~ (d) は、固体材料の減率乾燥速度曲線を示したものである。

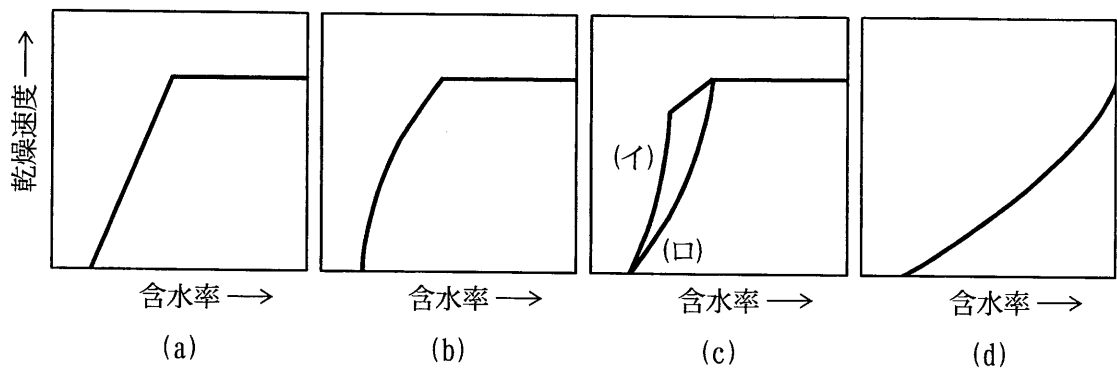


図 固体材料の減率乾燥速度曲線

- 1) (a) は材料の粒子が比較的独立な構造を持つ場合にみられ、(b) は の乾燥にみられる。

(a)、(b) 共に毛管力による脱水が行われる材料で、通常、減率第1段という形式で脱水される。

- 2) (d) は の乾燥にみられ、材料内の が律速となり定率乾燥期間を欠くものが多い。

- 3) (c) は (a)、(b) と (d) の中間で減率第1段とそれに続く減率第2段の機構を持つもので、図中の (イ) は粘土などのオスモティック水を持つ材料、図中の (ロ) は最も一般的な形で、 で現れる。

- 4) 所要乾燥時間は大略の見当として、(a)、(b) では材料の に比例、(d) では材料の の2乗に比例、(c) はその中間とみてよい。

< 14 ~ 18 の解答群 >

- | | | |
|---------------------------|--------|--------|
| ア 厚さ | イ 質量 | ウ 比表面積 |
| エ 水分拡散 | オ 電気伝導 | カ 伝熱 |
| キ 液滴、薄膜、直径 5mm 程度以下の小粒子など | | |
| ク 成形材料、堆積層など | | |
| ケ 石けん、にかわ、ゼラチンなどの均質物質 | | |
| コ 非親水性微粒子又は短繊維材料など | | |

(表紙からの続き)

II 解答上の注意

1. 問題の解答は、該当欄にマークすること。
2.

1

、

2

 などは、解答群の字句、数値、式、図などから当てはまる記号「ア、イ、ウ、エ、オ・・・」を選択し、該当欄のその記号を塗りつぶすこと。
3.

A	a.bc
---	------

、

B	a.bc×10 ^d
---	----------------------

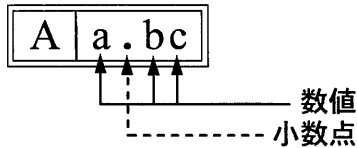
 などは、計算結果などの数値を解答する設問である。a,b,c,d などのアルファベットごとに該当する数字「0,1,2,3,4,5,6,7,8,9」(ただし、aは0以外とする)を塗りつぶすこと。

また、計算を伴う解答の場合は次の (1) ~ (3) によること。

- (1) 解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。
このとき、解答すべき数値の計算過程においても、すべて最小位よりも一つ下の位まで計算し、最後に四捨五入すること。
- (2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、解答すべき数値の桁数が同じ場合は、四捨五入後の数値ではなく、四捨五入する前の数値を用いて計算すること。
- (3) 問題文中で与えられる数値は、記載してある位以降は「0」として扱い、「解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。」を満足しているものとする。
例えば、2.1 kg の 2.1 は、2.100...と考える。特に円周率などの場合、実際は $\pi = 3.1415\cdots$ であるが、 $\pi = 3.14$ で与えられた場合は、3.1400...として計算すること。

「解答例 1」

(設問)



(計算結果)

6.827.....
↓ 四捨五入
6.83

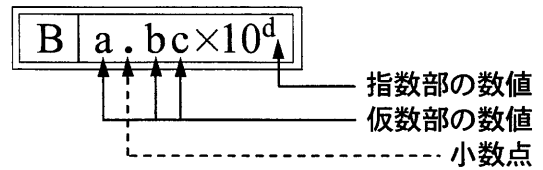
(解答)

「6.83」に
マークする ⇒

A				
	a	.	b	c
①			0	0
②			1	1
③			2	2
④			3	●
⑤			4	4
⑥			5	5
⑦			6	6
⑧			7	7
⑨			8	●
⑩			9	9

「解答例 2」

(設問)



(計算結果)

9.183×10^2
↓ 四捨五入
 9.18×10^2

(解答)

「 9.18×10^2 」に
マークする ⇒

B					
	a	.	b	c	×10 ^d
①			0	0	0
②			1	1	●
③			2	2	3
④			3	3	4
⑤			4	4	5
⑥			5	5	6
⑦			6	6	7
⑧			7	7	8
⑨			8	●	9
⑩			9	9	9

(裏表紙)