

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~ 8 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	10~16 ページ

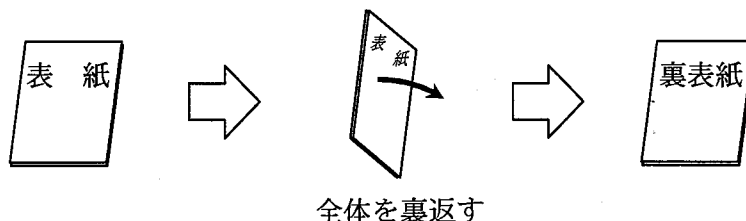
以下の問題15から問題18までは、4 問題中 2 問題を選択して解答すること。

選択 問題15	熱交換器・熱回収装置	} 2 問題を選択	19~21 ページ
選択 問題16	冷凍・空気調和設備		23~26 ページ
選択 問題17	工業炉、熱設備材料		27~29 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		31~33 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 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

- (1) 次の文章の [1] ~ [5] の中に入れるべき最も適切な字句をく [1] ~ [5] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。なお、同じ記号を 2 回以上使用してもよい。

放射温度計は、物体から電磁波の形で放射されるエネルギーをとらえることにより、物体の [1] を計測する温度計である。計測時に受け取った放射エネルギーを電気信号に変換する検出素子には、サーモパイルのように素子内に形成される [2] を利用するものと、放射エネルギーを光として受け取り [3] を利用するものがある。両者を比べると、時間的応答性は [4] を利用するものの方が良い。また、主としてさほど高温ではない場合の測定には [5] を利用するものが用いられる。

< [1] ~ [5] の解答群 >

- | | | | |
|-----------|---------|----------|--------|
| ア ダイオード特性 | イ ピエゾ効果 | ウ ペルチェ効果 | エ 光電効果 |
| オ 熱膨張 | カ 温度差 | キ 中心部の温度 | ク 表面温度 |
| ケ 放熱量 | | | |

- (2) 次の文章の [6] ~ [9] の中に入れるべき最も適切な字句又は記述をく [6] ~ [9] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

ゼーベック効果とは、異なる 2 種類の金属線の両端をそれぞれ結合して構成した閉回路において、両端を異なる温度に保った場合に、閉回路に [6] が生じる現象のことである。この原理を利用した温度計には [7] がある。これを炉内における高温ガスの温度測定に用いる際には、炉壁とセンサとの間の [8] による誤差を減少させるために、センサ部周囲を [9] 場合がある。

〈 6 ~ 9 の解答群 〉

- | | | | | | | | |
|---|-------|---|-------|---|--------|---|--------|
| ア | サーミスタ | イ | バイメタル | ウ | 熱電対 | エ | 電気抵抗変化 |
| オ | 熱起電力 | カ | 変形 | キ | 距離 | ク | 水蒸気 |
| ケ | 放射伝熱 | コ | 加熱する | サ | 遮蔽板で囲む | シ | パージする |

(3) 次の文章の 10 ~ 13 の中に入れるべき最も適切な字句を 10 ~ 13 の解答群 〉から選び、その記号を答えよ。

超音波流量計は、管内の流れにおいて、上流側と下流側から、管軸を含む面上で上下より管路中に斜め方向に超音波を交互に発信し、その伝播時間の差を測ることにより流量を求めるものであり、10 を生じさせない利点がある。この中で、既存の管路を変更せず、管の外部から設置できる形式のものは 11 と呼ばれ、従来より、主に可搬式の簡便な 12 の計測に用いられている。ただし、測定する場合は、速度分布の影響を受けないように、上流側と下流側の両方に所定の直管部がある場所を選ぶ必要がある。また、13 の影響を受けやすいことも課題であるが、近年は信号処理法の工夫などにより、この点について性能が改善された計器もある。

〈 10 ~ 13 の解答群 〉

- | | | | | | | | |
|---|---------|---|--------|---|-------|---|-------|
| ア | クランプオン形 | イ | ドップラー形 | ウ | 接液形 | エ | 圧力損失 |
| オ | 共鳴 | カ | 接触抵抗 | キ | 液体流量 | ク | 蒸気流量 |
| ケ | スラリー流量 | コ | 液滴の混入 | サ | 気泡の混入 | シ | 流れの方向 |

問題 11 の (4) は次の 3 頁にある

(4) 次の文章の [14] ~ [17] の中に入れるべき最も適切な字句を [14] ~ [17] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

タービン流量計は、管路の流れの中に翼車を設置することにより流量を測定するもので、翼車の回転速度と [14] とが比例することを利用した計器である。この流量計には、翼車の軸が流れに直角となる [15] のものと、翼車の軸を流れに平行に配置した [16] のものがある。翼車の回転を検知する方式としては、機械式、 [17] 、光式などがある。

< [14] ~ [17] の解答群 >

- | | | | |
|-----------------------|----------------------|---------|-------|
| ア 流速の $\frac{1}{2}$ 乗 | イ 流速 | ウ 流速の2乗 | エ 渦流式 |
| オ 斜流式 | カ 軸流式 | キ 接線流式 | ク 磁気式 |
| ケ 発熱式 | コ 歪 ^{ひず} み式 | | |

(空 白)

(計測及び制御)

問題 12 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

(1) 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 ～ の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

- 1) 外乱などの情報に基づいて、その影響が制御量に現れる前に を決定する制御をフィードフォワード制御という。
- 2) PID 制御アルゴリズムのラプラス変換表示は、比例帯を PB 、積分時間を T_1 、微分時間を T_2 とすると、式 のようになる。
- 3) フィードバック制御系において、一つの制御装置(一次調節計)の出力信号によって、他の制御系(二次調節計)の目標値を決定する制御を という。
- 4) 二つ以上の量の間、ある 関係を保たせる制御を比率制御という。燃料流量と燃焼用空気流量の比率の制御や、各種混合プロセスでの混合比率の制御によく利用される。
- 5) あらかじめ定められた変化をする目標値に追従させる制御を という。例えば、熱処理プロセスや種々の反応プロセスなどで、制御量を時間によって特定のパターンで変化させる必要があるときに用いられる。

< ～ の解答群 >

ア $\frac{100}{PB} \left(1 + T_1 s + \frac{1}{T_2 s} \right)$

イ $\frac{100}{PB} \left(1 + \frac{1}{T_1 s} + T_2 s \right)$

ウ $\frac{100}{PB} \times \frac{1 + T_1 s}{1 + T_2 s}$

エ $PB \left(1 + \frac{1}{T_1 s} + T_2 s \right)$

オ $PB \times \frac{1 + T_2 s}{1 + T_1 s}$

カ カスケード制御

キ シーケンス制御

ク フィードバック制御

ケ プログラム制御

コ 制御量

サ 操作量

シ 目標値

ス 集合

セ 比例

(2) 次の各文章の [6] ~ [9] の中に入れるべき最も適切な字句又は数値を [6] ~ [9] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。なお、[8] は2箇所あるが、同じ記号が入る。

1) 玉形調節弁の弁座の形式には、流体圧力をバランスさせプラグを動かす力を小さくする [6] や、締切時の漏れがほとんどない [7] などがある。

2) 流体の流量を制御するために、操作端として一般に調節弁が使用されている。しかし、それは圧力損失を伴うため、省エネルギーの観点から、ポンプの誘導電動機の回転速度を変化させて流量を制御する [8] 装置が使用されるようになってきている。実揚程が無視できる系で [8] 装置を使用した場合、回転速度を $\frac{1}{2}$ に調整すると、理論的にはポンプの電動機の消費電力は [9] になる。

< [6] ~ [9] の解答群 >

- | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|---------|
| ア $\frac{1}{8}$ | イ $\frac{1}{4}$ | ウ $\frac{1}{2}$ | エ インバータ |
| オ スライダック | カ トライアック | キ 仕切弁 | ク 単座弁 |
| ケ ボール弁 | コ 複座弁 | | |

問題 12 の (3) は次の 7 頁及び 8 頁にある

(3) 次の各文章の [10] ~ [19] 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。

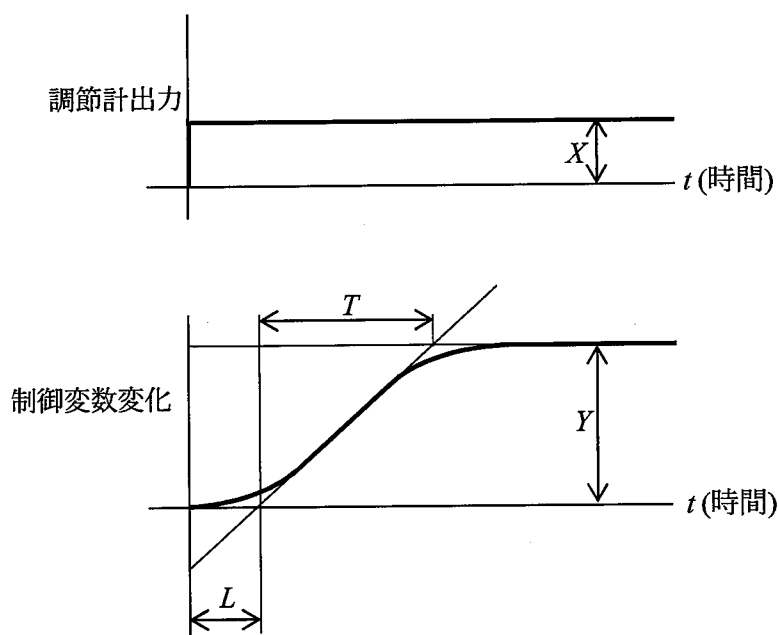
1) 工業プロセスの制御では、一般に PID 制御アルゴリズムが使用される。ドラムのレベル制御のように、目標値と制御値との間に定常的な偏差、いわゆる [10] を許容できる場合は比例動作のみを使用することが多い。流量制御のように、このような定常的な偏差が許容できない場合は、自動リセット機能を持つ [11] 動作を併せて使用する。また、温度制御のように、温度計の保護管による時間遅れがある系に対しては [12] 動作を併せて使用する。

< [10] ~ [12] の解答群 >

ア オフセット イ オンオフ ウ 恒常誤差 エ 積分
オ 微分 カ 比例

2) PID 制御アルゴリズムのパラメータの調整は、一般的に経験的な値が使用されることが多いが、厳密に行うには、オープンループで行う [13] 法と、クローズドループで行う [14] 法がよく使用される。調節計のパラメータの調整を前者で行うには、調節計を [15] モードとし、調節計の出力を [16] 状態に X だけ変化させ、そのときの制御変数の変化を記録する。その結果の典型的な例を図に示す。ここで、最終変化量を Y とする。

図において、 L は [17]、 T は [18] と呼ばれる。 $\frac{L}{T}$ の値が [19] ほど、一般に制御の比例ゲインを大きくでき、制御がやさしいと言われている。



< 13 ~ 19 の解答群 >

- | | | |
|------------|---------|---------|
| ア インパルス | イ ステップ | ウ ランプ |
| エ ランプ入力 | オ 過渡応答 | カ 限界感度 |
| キ 波形観測 | ク 手動 | ケ 自動 |
| コ 等価サイクル時間 | サ 等価時定数 | シ 等価不感帯 |
| ス 等価むだ時間 | セ 大きい | ソ 小さい |

(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 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

- (1) 次の文章の [1] ~ [6] の中に入れるべき最も適切な字句を [1] ~ [6] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。なお、[5] は 2 箇所あるが、同じ記号が入る。

ボイラから蒸気タービンに蒸気を供給して発電する火力発電プラントでは、一般に過熱蒸気を用いられる。その理由は、次のような利点があるためである。

- ① 発電プラントの [1] が向上するので、蒸気タービンにおける発電量当たりの、蒸気消費量の減少及び [2] の節約ができる。
- ② 蒸气流路の [3] が減少する。
- ③ 蒸気タービンブレードでの [4] による腐食を軽減する。

この過熱蒸気を供給するボイラには、過熱器が設置される。過熱器は、その取付位置によって伝熱の形態が異なり、放射形過熱器、[5]、及び両形の特徴を持つ過熱器に分類される。放射形過熱器は主として火炎の放射伝熱によって加熱する過熱器で、[5] は主に燃焼ガスからの伝熱によって加熱する過熱器である。

さらに熱の有効利用率を高めるために、ボイラより供給された過熱蒸気は、蒸気タービン中で所定の圧力まで膨張し、飽和蒸気に近付いたところで取り出され、その圧力のままでボイラへ送られる。その後 [6] において膨張前の過熱蒸気と同等の温度まで加熱された後、蒸気タービンに戻してさらに膨張を行わせる。

< [1] ~ [6] の解答群 >

- | | | | |
|----------|----------|----------|--------|
| ア 制御性 | イ 放散熱損失 | ウ 摩擦損失 | エ 理論効率 |
| オ 酸素 | カ 水分 | キ 内面スケール | ク 燃料 |
| ケ 時間 | コ 低温 | サ 再熱器 | シ 節炭器 |
| ス 接触形過熱器 | セ 対流形過熱器 | ソ 伝導形過熱器 | |

問題 13 の (2) 及び (3) は次の 11 頁及び 12 頁にある

(2) 次の文章の ～ 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。

ボイラの排ガスが有する熱量を有効に利用する装置として、エコマイザや空気予熱器がある。発電用の再生サイクルを用いたプラントの大型ボイラでは、ボイラ入口の給水温度が高く、エコマイザだけで排ガスの熱量を十分回収することができないため、エコマイザの に空気予熱器を設置する。空気予熱器のうち、厚さ 1mm 程度の金属板に、ボイラの排ガスを一定時間接触させて熱を回収し、その後燃焼用空気と接触させて、空気側に熱を放出して予熱するものが、 である。

いま、空気予熱器設置前に 350℃であったボイラ出口の排ガス温度が、空気予熱器の設置で 150℃に下がったとする。表に示した数値を用いて、空気予熱器設置前後のボイラの排ガス熱損失を低発熱量基準で試算すると、設置前の排ガス熱損失が [%] であるのに対し、設置後は [%] に低減され、その差に応じてボイラ効率が向上する。

また、排ガスからの熱回収分によって、燃焼用空気温度が、20℃から 250℃前後に上昇する。これにより、燃料の着火性及び燃焼効率が向上し、未燃損失の低減や空気過剰率の低減も可能となり、さらなるボイラ効率改善が期待できる。

大気温度	20℃
燃料 1 kg 当たりの低発熱量	40.2 MJ/kg
燃料 1 kg 当たりの排ガス量	12.1 m ³ _N /kg
排ガスの平均定圧比熱	1.38 kJ/(m ³ _N ·K)

< ～ の解答群 >

- | | | | | |
|------------|------------|--------|-------|--------|
| ア 5.0 | イ 5.4 | ウ 5.8 | エ 6.2 | オ 13.2 |
| カ 13.7 | キ 14.2 | ク 14.7 | ケ 下流 | コ 上流 |
| サ 鋼管式空気予熱器 | シ 再生式空気予熱器 | | | |
| ス 蒸気式空気予熱器 | | | | |

一方、注意すべき点としては、燃焼用空気温度を高めると排ガス中の [11] を増加させることになるので、それを防ぐような燃焼方法への改善が必要である。また、空気予熱器の設置は、空気や排ガス系統での [12] の増加と共に、経年劣化により [13] の発生又は増大の要因となることがあるので、空気や排ガス系統の [14] の性能も考慮して対策することが必要となる。

〈 [11] ~ [14] の解答群〉

ア ダンパ	イ ダクトの保温	ウ ファン	エ 保温材の脱落
オ 空気漏洩 ^{ろうえい}	カ 結露	キ 振動	ク 通風損失
ケ 放熱損失	コ 硫黄酸化物	サ 窒素酸化物	シ ばいじん

(3) 次の文章の [15] ~ [19] の中に入れるべき最も適切な字句又は数値をく [15] ~ [19] の解答群〉から選び、その記号を答えよ。なお、[15] 及び [18] は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

加熱用に蒸気を供給することを考える。熱源として蒸気を用いる加熱装置の多くは、均一な温度を必要条件とするので、[15] を使用することが適切である。このとき、[16] の値は、蒸気圧力が低いほど [17] ので、必要加熱量が一定ならば、低圧の蒸気を使用するほど必要な蒸気量は少なくて済む。

また、加熱装置に供給する加熱用蒸気としては、できるだけ [18] が高いことが求められる。一般に、蒸気を膨張することにより [18] を高めることができるが、おおよそ [19] [MPa] 以上の圧力の [15] を絞り膨張すると、出口蒸気が湿り蒸気の領域に入って、蒸気の湿り度が増加するので注意を要する。

〈 [15] ~ [19] の解答群〉

ア 0.5	イ 1	ウ 3	エ 乾き度	オ 硬度
カ 飽和温度	キ 飽和水	ク 飽和蒸気	ケ 過熱蒸気	コ 潜熱量
サ 比容積	シ 大きい	ス 小さい		

(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 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

(1) 次の文章の [1] ~ [6] の中に入れるべき最も適切な字句をく [1] ~ [6] の解答群から選び、その記号を答えよ。なお、[2]、[3] 及び [5] は 2 箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

発電設備の故障停止は、多大なエネルギー及び経済的損失を生ずるので、特に高温機器の部品については、その寿命を予測、確認し、的確な整備を行う必要がある。

ガスタービンの高温部品には、燃焼器関連部品及びタービン関連部品など、高温の燃焼ガスにさらされる部品がある。これらの高温部品は、高温状態での運転時間の経過及び起動停止の繰り返しのに伴い、[1] 現象による損傷や疲労による損傷が発生するため、定期的に交換する必要がある。ガスタービンの高温部品の [2] の方法としては、実機の廃却部材から評価対象部位の試験片を採取して、実機運転条件での [3] と温度における破断時間を測定することにより余寿命を評価する、[4] 法が多く適用されている。

蒸気タービンのロータ(車軸)やケーシング(車室)の [2] の方法としては、硬度計測法、電気抵抗法、レプリカ法などの [5] 法を用いるのが一般的である。硬度計測法では硬度の指標とクリープ寿命消費率、電気抵抗法では電気抵抗率の指標とクリープ寿命消費率、レプリカ法では [6] の指標とクリープ寿命消費率の関係を示すマスターカーブがそれぞれ整備されている。また、[5] 法による場合には、実機運転条件での [3] と温度を特定しなくても寿命消費率が評価できる利点がある。

く [1] ~ [6] の解答群

- | | | |
|---------|------------|---------------------------|
| ア クリープ | イ クリープ寿命評価 | ウ ストライエーション |
| エ ボイド | オ 圧力 | カ 応力 |
| キ 流量 | ク 化学成分 | ケ 応力腐食割れ |
| コ 腐食 | サ 破壊評価 | シ 破壊 ^{じんせい} 靱性評価 |
| ス 非破壊評価 | | |

問題 14 の (2) 及び (3) は次の 15 頁及び 16 頁にある

(2) 次の文章の [7] ~ [12] の中に入れるべき最も適切な字句を [7] ~ [12] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。なお、 [11] は2箇所あるが、同じ記号が入る。

大型のガスタービンに用いられる圧縮機は [7] 圧縮機である。この圧縮機の起動中の低回転時には、 [8] 段で空気が十分に圧縮されないため、吸気流量が [9] して [10] 段で [11] が発生する。このため、圧縮機中間段より抽気を行って吸気流量を調整したり、圧縮機入口に可変入口静翼を設置して圧縮機初段への空気の [12] を適切に調整することで、 [11] による空気の乱れを防止している。

< [7] ~ [12] の解答群 >

- | | | | |
|---------|---------|--------|--------|
| ア サージング | イ マッチング | ウ 旋回失速 | エ 流入圧力 |
| オ 流入温度 | カ 流入角度 | キ 後方 | ク 前方 |
| ケ 全 | コ 減少 | サ 消滅 | シ 増加 |
| ス 遠心 | セ 軸流 | ソ 容積形 | |

(3) 次の文章の [13] ~ [19] の中に入れるべき最も適切な字句をく [13] ~ [19] の解答群>から選び、その記号を答えよ。なお、[15] 及び [18] は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

内燃機関の熱効率を向上させるための方法としては、有効ストロークの [13] や圧縮比の増大などによるサイクルの改善、過給機効率を向上させることなどによる [14] 損失エネルギーの低減、及び摩擦損失の低減による機械効率の向上などが考えられる。

内燃機関では、熱効率とともに単位質量の作動流体の行う仕事量が重要で、そのために [15] の概念を導入する。[15] は、[16] 線図上で、サイクルの囲む面積である1サイクル当たりの仕事量を、作動流体の行程容積で除した値である。

ガソリン機関の理論サイクルである [17] サイクルの理論熱効率の値は、圧縮比の値が同じであれば、ディーゼル機関の理論熱効率の値よりも [18] なるが、実際の圧縮比の値はディーゼル機関の方が [18] 取り得るので、ガソリン機関の熱効率の値はディーゼル機関の熱効率の値よりも [19] なる。

< [13] ~ [19] の解答群 >

- | | | | |
|----------|---------|----------|----------|
| ア オットー | イ ブレイトン | ウ ランキン | エ $P-h$ |
| オ $P-v$ | カ $T-s$ | キ 最高使用圧力 | ク 最高有効圧力 |
| ケ 平均有効圧力 | コ 過給 | サ 吸気 | シ 排気 |
| ス 増大 | セ 低減 | ソ 大きく | タ 小さく |

(空 白)

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) 次の文章の ～ の中に入れるべき最も適切な字句又は記述を ～ の解答群 > から選び、その記号を答えよ。なお、同じ記号を 2 回以上使用してもよい。

隔壁式熱交換器は、その形状や用途、流動方向などにより種々の形式に分類される。例えば、熱交換する二つの流体の流動方向の違いにより分類すると、①から③の三つの形式に大別される。

- ① 両流体が同じ方向に流動する 形は、両流体が相変化しない場合、両流体の温度差が熱交換器の入口から出口に向かって徐々に ような温度分布となる。
- ② 両流体が逆の方向に流れて熱交換を行う 形は、両流体が相変化しない場合、低温側の出口温度を高温側の出口温度と比べて ことができる。
- ③ 原理的には①と②の中間に位置付けられる形式を 形と呼んでいる。プレートフィン形やフィンチューブ形がこの形式の熱交換器に属する。

熱交換器の性能を評価する指標として温度効率がある。①から③の形式の温度効率を比較すると、一般に次の順になる。

形 > 形 > 形

< ～ の解答群 >

- | | | | |
|--------|--------|---------|---------|
| ア 向流 | イ 直交流 | ウ 並流 | エ 等しくする |
| オ 高くする | カ 低くする | キ 大きくなる | ク 小さくなる |

(2) 次の文章の 9 ~ 15 の中に入れるべき最も適切な字句又は式を 9 ~ 15 の解答群 > から選び、その記号を答えよ。なお、10 は2箇所あるが、同じ記号が入る。

並流形や向流形の熱交換器において、熱通過率一定の条件では、交換熱量 Q は次式で表される。

$$Q = \text{熱通過率} \times \text{9} \times \text{10} \dots\dots\dots \text{1} \quad \text{①}$$

ここで、熱通過率の単位は 11 である。

①式における 10 を ΔT_m とすると、 ΔT_m は、熱交換器出入口の一端における両流体の温度差を ΔT_i 、他端における両流体の温度差を ΔT_e として、次の②式で表される。

$$\Delta T_m = \text{12} \dots\dots\dots \text{2} \quad \text{②}$$

このとき、それぞれの端部において両流体の温度差が小さいときには、②式の代わりに、次の③式で示される ΔT を用いても、小さい誤差で交換熱量を求めることができる。

$$\Delta T = \text{13} \dots\dots\dots \text{3} \quad \text{③}$$

また、熱交換器を実際に使用していると、流体の汚れなどにより伝熱面表面に汚れなどが付着して熱抵抗が増大し、交換熱量が減少する。伝熱面表面の汚れによる伝熱抵抗の度合いを表すには 14 が用いられ、この単位は 15 である。

< 9 ~ 15 の解答群 >

- | | | |
|---------------------------------------|---|---|
| ア $J/(m^2 \cdot K)$ | イ $(m^2 \cdot K)/W$ | ウ $(s \cdot m^2 \cdot K)/W$ |
| エ $W/(m^2 \cdot K)$ | オ $W/(s \cdot m^2 \cdot K)$ | カ $\frac{\Delta T_i + \Delta T_e}{2}$ |
| キ $\frac{\Delta T_i - \Delta T_e}{2}$ | ク $\frac{\Delta T_i + \Delta T_e}{\ln \frac{\Delta T_i}{\Delta T_e}}$ | ケ $\frac{\Delta T_i - \Delta T_e}{\ln \frac{\Delta T_i}{\Delta T_e}}$ |
| コ 熱伝導率と熱伝達率の比 | サ 汚れ係数 | シ 最大温度差 |
| ス 算術平均温度差 | セ 対数平均温度差 | ソ 伝熱面積 |
| タ 熱伝達率 | | |

問題 15 の (3) は次の 21 頁にある

- (3) 次の文章の

A	abc
---	-----

 ～

E	ab
---	----

 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。

熱交換器の日常管理では、内部を流れる流体の温度や流量などの計測データから性能変化を把握することで、洗浄時期などを設定する。熱交換器の性能を表す指標としては、温度効率やエネルギー効率がある。

例えば、流体を加熱する熱交換器を考える。この熱交換器に、比熱 $2\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ の加熱流体が、温度 $100\text{ }^\circ\text{C}$ 、質量流量 10kg/s で流入し、 $70\text{ }^\circ\text{C}$ で流出している。一方、比熱 $4\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ の被加熱流体が、温度 $20\text{ }^\circ\text{C}$ 、質量流量 2kg/s で流入している。ただし、熱交換器の外部への熱損失は無いものとする。

この熱交換器における交換熱量を求めると

A	abc
---	-----

 [kW] である。したがって、低温側流体の出口温度は

B	ab
---	----

 [$^\circ\text{C}$] となり、低温側の温度効率は

C	ab
---	----

 [%] となる。また、この熱交換器の性能をエネルギー効率で表すと

D	ab
---	----

 [%] となる。

仮に、この熱交換器の低温側の温度効率を 80% 以上に維持しようとする場合、低温側流体の出口温度を

E	ab
---	----

 [$^\circ\text{C}$] より下がらないように日常管理を行い、状況に応じて洗浄などの対策を行う必要がある。

(空 白)

(冷凍・空調設備 — 選択問題)

問題 16 次の各問に答えよ。(配点計 40 点)

(1) 次の文章の ~ 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。

図 1 は、蒸気圧縮冷凍機の冷凍サイクルを $P-h$ 線図上に示したものである。この冷凍サイクルは、順不同に並べた次の①~④のプロセス及び機器の組み合わせにより構成されている。①~④を図中の冷凍サイクルのプロセスに当てはめると、 $a \rightarrow b$ のプロセスが 、 $b \rightarrow c$ のプロセスが 、 $c \rightarrow d$ のプロセスが 、 $d \rightarrow a$ のプロセスが となる。

- ① 液冷媒を、絞り作用によって 状態の にする膨張弁
- ② 蒸発した冷媒蒸気を圧縮して、比較的 状態の蒸気にする圧縮機
- ③ 被冷却体より熱を奪って、冷媒液を低温で蒸発させる蒸発器
- ④ 冷媒蒸気を して、 にする凝縮器

このとき、このサイクルにおける冷凍機としての成績係数 (COP) は、図中の記号を用いると

$$\text{COP} = \frac{\text{10}}{\text{11}}$$

で示すことができる。

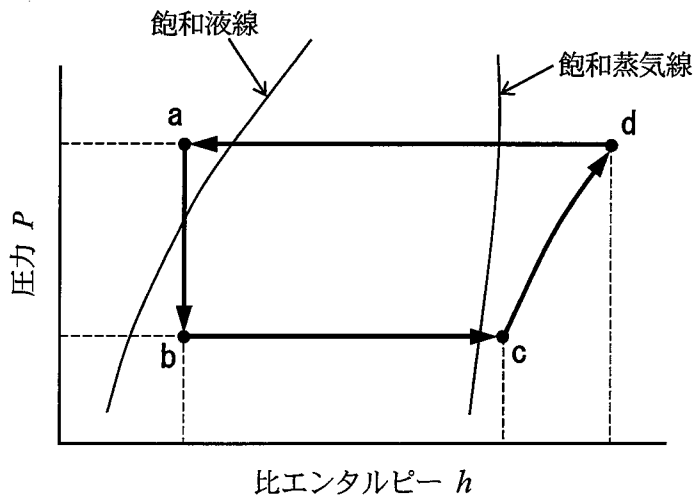


図 1

< 1 ~ 11 の解答群 >

ア ①

イ ②

ウ ③

エ ④

オ 低温低圧

カ 低温高圧

キ 高温低圧

ク 高温高圧

ケ 液体

コ 湿り蒸気

サ 飽和蒸気

シ 過熱蒸気

ス 加熱

セ 冷却

ソ c点とb点の比エンタルピーの差

タ d点とc点の比エンタルピーの差

チ d点とa点の比エンタルピーの差

問題 16 の (2) は次の 25 頁及び 26 頁にある

(2) 次の各文章の 12 ~ 17 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、13 は2箇所あるが、同じ記号が入る。

図2は、エアフィルタ、冷却減湿器、加熱器及び蒸気加湿器が組み込まれている空調機設備を用いた、一般的な暖房時の空気の状態変化を、湿り空気 ($h-x$) 線図上に示したものである。

ここで、室内 (R 点) を図2に示した条件に保つための、室内の顕熱負荷は 8000 kJ/h 、室内の潜熱負荷は 2000 kJ/h である。また、空調機の吹出し空気の25%は排気で捨てられ、その分の新鮮外気が導入される。

設問の解答に当たっては、ダクトなどからの熱損失や能力の余裕などは考慮せず、蒸気加湿器前後の乾球温度は変わらないものとする。なお、空気の定圧比熱は $1.006 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ を用いる。

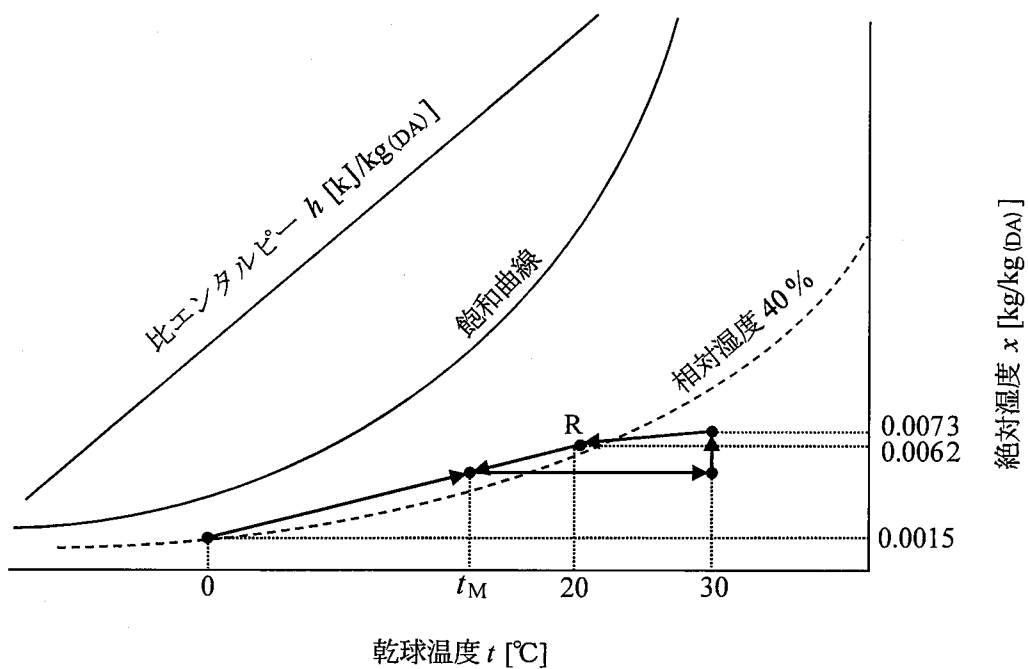


図2 湿り空気 ($h-x$) 線図

1) 還気と外気の混合空気の乾球温度 t_M [°C] は、 [°C] となる。また、空調機設備の吹出し空気の温湿度は、室熱負荷から求められる 比線上になくはないが、この 比の値は である。

< ~ の解答群 >

ア 0.6	イ 0.75	ウ 0.8	エ 10
オ 15	カ 16	キ エンタルピー	ク 顕熱
ケ 潜熱	コ 熱水分		

2) 図2より、空調機の吹出し風量は [kg(DA)/h] と求められる。したがって、加熱器に必要な能力は [kJ/h]、蒸気加湿器に必要な能力は [kg/h] となる。

< ~ の解答群 >

ア 0.0023	イ 0.0046	ウ 1.81	エ 3.62	オ 596
カ 795	キ 994	ク 8 000	ケ 10 000	コ 12 000

(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 [1] ~ [15] 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、[1] 及び [2] は 2 箇所、[11] は 3 箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

1) 工業炉と総称するものの用途範囲は大変広く、様々な分野で使用されている。その種類は、金属の [1]、金属の加熱炉・熱処理炉、[2] 及び焼却炉の 4 グループに大別される。

① 金属の [1] には、鉄鉱石から^{せんてつ}銑鉄を作る高炉、銑鉄から鋼を作る [3]、鋳物用の銑鉄を作るキュポラ、及びアルミや銅などの非鉄金属溶解炉などがある。

② 金属の加熱炉・熱処理炉の代表的なものは、スラブ、ブルーム、ピレットなどを熱間圧延に必要な温度まで加熱する鋼片加熱炉、冷延鋼帯などの加工性を良くするための [4]、機械部品などの機械的性質を改善する [5]、及び浸炭炉などである。

③ [2] は、ガラスやセラミックスなどの [6] を対象とする炉で、これにも多種多様な形式があり、耐火レンガなど成形された物を焼成する炉、原料の粉粒体そのものを焼成・仮焼する炉、及び原料の粉粒体を高温で熔融する炉の 3 種に大別することができる。

④ 焼却炉は、焼却の目的によって、在来型の焼却炉、熔融炉、熱分解炉、廃液焼却炉及びガス焼却炉などに分けられ、都市ごみなどの廃棄物の処理では、[7]、無害化、安定化及び資源化を実現する最も確実な処理法と言われている。そのうち、固体廃棄物の焼却炉については、火格子式、[8] 式及びロータリーキルン式などがある。

< [1] ~ [8] の解答群 >

- | | | |
|-----------|-------------|--------------|
| ア 改質炉 | イ 還元炉 | ウ 均熱炉 |
| エ 精錬炉・溶解炉 | オ 転炉 | カ 塗装乾燥炉・焼付け炉 |
| キ 反射炉 | ク 焼入れ・焼戻し炉 | ケ 焼なまし炉 |
| コ 窯業炉 | サ ウォーキングビーム | シ 流動床(層) |
| ス 液化 | セ 減容化 | ソ 非金属物 |
| タ 有機物 | | |

2) 工業炉はエネルギー 設備と言われており、地球環境を保全する上でもエネルギーの を高くすることが、重要取組課題として求められる。この取組に当たっては、適正な計装と制御が欠かせない。

工業炉の制御とは、一般的には炉の現状を把握し、あるべき目標に向けて操作することであり、この目的を達成するために、操業に必要な管理値の計測と制御、それらの伝送、演算及びデータ処理を行う計器や装置からなる計装が必要となる。

計装を大別すれば、プロセス制御用計装、 制御用計装及び管理用計装となる。

プロセス制御用計装は、被加熱材料を所定の温度に加熱するための入熱量を始め、燃料や空気の流量、炉内圧力などの調節をするための計装であり、炉温制御、炉圧制御、雰囲気制御、 などが該当する。当然ながら、これらの制御は炉の円滑操業という基本機能ばかりでなく、 の確保、さらに を図る機能を備えていることになる。

制御用計装は、燃料、空気、冷却水、電源など、ユーティリティの供給不全又は各種機器の故障による事故、及び地震など天災による災害を予防するための計装である。これらに関する規格については、欧州規格や米国規格に基づく世界規格化 (ISO 化) が審議されており、一層厳しいものになっていくのが世界的傾向である。日本においても、これらの規格を基本にした工業用燃焼炉の 通則 (JIS B 8415:2008) が制定されている。

管理用計装は、これらをまとめて、工場の本来の目標である最適な 管理を行うためのものである。

< ~ の解答群 >

ア 安全	イ 安定	ウ 省エネルギー	エ 燃料転換
オ 人員配置	カ 生産	キ 製品品質	ク 製品品種
ケ 多消費型	コ 再生型	サ 圧縮比制御	シ 空気比制御
ス レベル制御	セ 再生効率	ソ 利用効率	

問題 17 の (2) は次の 29 頁にある

(2) 次の文章の [16] ~ [20] の中に入れるべき最も適切な字句を [16] ~ [20] の解答群から選び、その記号を答えよ。なお、[18] は2箇所、[16] は3箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

配管などの保温施工では、保温材の中に入った [16] はあたかもヒートパイプの伝熱媒体のような働きをするため、その [17] 現象などに伴い伝熱量が大幅に増加し、保温材の [18] を著しく損なう。したがって、施工時に [16] を持ち込まないこと、また、外部あるいは配管などから [16] が漏れ込んでこないように、施工管理することが必要である。

さらに、保冷施工では、保冷層の中に空気中の [19] が侵入すると、[20] して凍結まで至る場合があり、保冷材の [18] を著しく阻害するので、防止対策が必要となる。

< [16] ~ [20] の解答群 >

- | | | | |
|-------|--------|---------|-------|
| ア 乾燥 | イ 結露 | ウ 蒸発 | エ 伝導 |
| オ 断熱性 | カ 熱伝導性 | キ 水 | ク 水蒸気 |
| ケ 酸素 | コ 窒素 | サ 二酸化炭素 | シ 固形物 |
| ス 不純物 | | | |

(空 白)

(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、式又は記述を ~ 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) ある多成分系溶液が理想溶液である場合、気液平衡関係において、 i 成分の蒸気分圧 p_i は、純粋成分蒸気圧 P_i^* と液のモル分率 x_i との積に等しいという の法則と、各成分の蒸気分圧 (i 成分の場合は p_i) の和は全圧 π に等しいという の法則が成り立つ。このことから、 i 成分の蒸気モル分率 y_i と液のモル分率 x_i の間には、式 の関係が成り立つので、ある温度での蒸気組成は液組成から簡単に計算することができる。

2) 多段連続精留塔においては、 で加熱し、 から留出する液の一部を塔に戻す。この留出する液の一部を塔に戻す操作を と呼び、 液量 L と留出液量 D との比、 $R = \frac{L}{D}$ を 比という。 R の値が大きいほど分離がよくなり、理論段数は が、塔径の値は なる。

< ~ の解答群 >

ア ダルトン	イ ラウール	ウ ル・シャトリエ	エ $x_i y_i = \pi P_i^*$
オ $x_i \pi = y_i P_i^*$	カ $y_i \pi = x_i P_i^*$	キ 塔頂	ク 塔底
ケ 還流	コ 精留	サ 揮発	シ 多くなる
ス 少なくなる	セ 大きく	ソ 小さく	

(2) 次の各文章の [9] ~ [15] の中に入れるべき最も適切な字句を [9] ~ [15] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。なお、[9] は3箇所あるが、同じ記号が入る。

1) 親水性材料の粒子層や多孔質固体の乾燥において、高含水率域では材料内空隙に保有される水は [9] 水であり、非親水性材料と同様な挙動を示す。[9] 水の脱水後、次いで [10] 水の移動・蒸発が起こる。

2) 乾燥過程において、材料の温度が初期温度から上昇し、乾燥条件によって定まるある平衡温度に達するまでの期間を [11] 期間という。この平衡温度は、熱風からの対流伝熱のみによって受熱する場合には、その熱風の [12] 温度に一致する。

次に、材料温度は平衡温度のまま一定で、流入熱量はすべて材料表面での水分蒸発のみに費やされ、乾燥速度は一定値となる [13] 期間となる。

乾燥がさらに進んで材料内部の水分量が減少すると、材料内部から材料表面への [9] 水の補給が表面での蒸発速度に追い付かなくなり、蒸発面が次第に材料の内部に移行し、材料温度は表面から熱風温度に近付くことになる。この期間を [14] 期間といい、乾燥速度は時間とともに [15] する。

< [9] ~ [15] の解答群 >

- | | | | |
|--------|--------|------|--------|
| ア 凝縮 | イ 結合 | ウ 自由 | エ 減率乾燥 |
| オ 材料予熱 | カ 定率乾燥 | キ 乾球 | ク 湿球 |
| ケ 減少 | コ 増加 | | |

問題 18 の (3) は次の 33 頁にある

(3) 次の各文章の [16] ~ [20] の中に入れるべき最も適切な字句又は数値をく [16] ~ [20] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

1) 一般に石炭の乾留では、[16] [°C] 程度までは水分や石炭に吸着していたガスが放出され、350°C 程度から熱分解が始まる。その後、石炭中の揮発分がガスやタールとなって放出され、[17] [°C] 前後で最も顕著な重量変化が起こって、あとには炭素を主体とした^{ごんま}残渣、すなわちコークスが残る。

2) 石炭の乾留では、生成したタールが炉内でさらに二次的な熱分解により、水素、一酸化炭素を発生して、[18] 化合物が主であるコールタールを得る。

3) 石炭の乾留中に発生するガス成分のうち、体積基準で最も多く発生するのは [19] であり、特に高温乾留で発生するガスの大部分を占める。次に多いのは [20] で、低温乾留における発生ガスの主成分となっている。

< [16] ~ [20] の解答群 >

ア 100	イ 200	ウ 300	エ 400
オ 600	カ 800	キ エチレン	ク メタン
ケ 一酸化炭素	コ 二酸化炭素	サ 水素	シ 芳香族
ス 不飽和脂肪族	セ 飽和脂肪族		

(表紙からの続き)

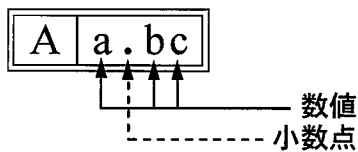
II 解答上の注意

1. 問題の解答は、該当欄にマークすること。
2. 、 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. 、 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、計算をともなう解答の場合は以下によること。

- (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 $\pi = 3.1415\dots$ 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)

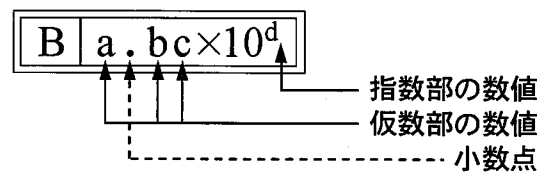
「6.83」に
マークする



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

(裏表紙)