

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	9~12 ページ

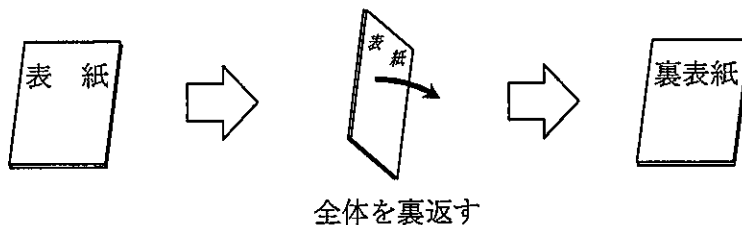
以下の問題15から問題18までは、4問題中2問題を選択して解答すること。

選択 問題15	熱交換器・熱回収装置	} 2問題を選択	15~17 ページ
選択 問題16	冷凍・空気調和設備		18~20 ページ
選択 問題17	工業炉、熱設備材料		21~23 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		24~26 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式をそれぞれの解答群から選び、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。

(配点計 50 点)

(1) 異なる2種類の金属線のそれぞれの両端を接続して閉回路を作り、二つの接合点を異なる温度に保った場合、両接合点の間には が発生する。この現象は1821年にドイツの物理学者により発見され、 として知られている。この原理を利用した温度検出素子である の特性は JIS C 1602-1995 に規定されている。通常、出力信号は2種類の異種金属線のそれぞれに接続された を経由して受信・処理される。

< ～ の解答群 >

- | | | |
|-----------|---------|---------------|
| ア ゼーベック効果 | イ ピエゾ効果 | ウ プランクの法則 |
| エ 電気抵抗変化 | オ 圧力変化 | カ 熱起電力 |
| キ 熱電対 | ク 熱流計 | ケ サーミスタ |
| コ バイメタル | サ 補償導線 | シ ホイートストンブリッジ |

(2) 放射温度計を用いて非接触状態で温度測定を行う場合、事前に測定側で放射率の設定が必要となる。この方法としては、接触式温度計も併用して同一物体の温度測定を行い、その測定値の比較により放射率を調節する方法がある。そのほか、不透明な壁で囲まれ入射した光をすべて吸収する(光を^{ほとんど}殆ど出さない)、奥が深い など、放射率が1となる に近い条件を作り、その場所の温度測定を行う方法も誤差が小さく有効である。

< 及び の解答群 >

- | | | |
|-------|--------|-------|
| ア 加熱炉 | イ 水蒸気室 | ウ 空洞 |
| エ 鏡面 | オ 黒体 | カ 灰色体 |

(3) 図1は、内径が D の円管内を右向きに流れる密度 ρ の流体の体積流量 Q を測定する装置を示している。図の絞りあなは中央に孔の開いた円板であり、7 と呼ばれる。絞りの上流側断面Iと下流側断面IIを流れが通過するとき、上流側断面Iにおける流速を v_1 、圧力を p_1 、及び下流側断面IIにおける流速を v_2 、圧力を p_2 とする。これらの中には 8 に基づく関係があり、この関係を利用して流量を求めると、最終的に体積流量 Q は、9 に比例し、10 に反比例する。

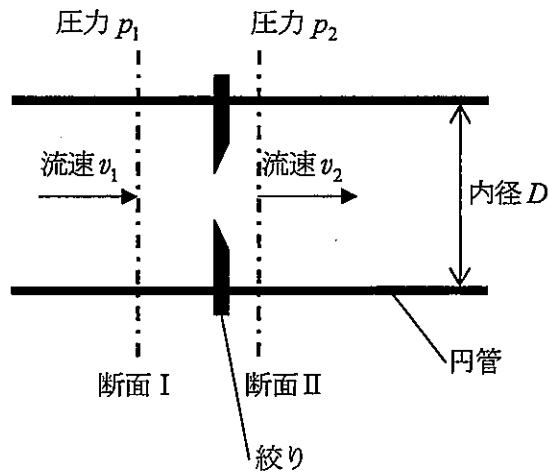


図1

< 7 ~ 10 の解答群 >

- | | | |
|----------------------|----------------------|---------------|
| ア D | イ $\sqrt{\rho}$ | ウ ρ |
| エ $\sqrt{p_1 - p_2}$ | オ $\sqrt{p_2 - p_1}$ | カ $p_1 - p_2$ |
| キ ベンチュリ管 | ク ピトー管 | ケ オリフィス |
| コ ステファン・ボルツマンの法則 | サ ファラデーの法則 | シ ベルヌーイの式 |

問題11の(4)は次の3頁にある

(4) 超音波を送受信する二つの機器A

及びBを、円管に加工を施さずに外側から図2のように設置して、円管内の流量を測定する。この形式の超音波流量計は 形と呼ばれ、一般にポータブル形の液体用流量計として使用される。超音波は流れを斜めに横切るように、A-B間を^{でんぱ}伝播する。このとき、超音波の は、AからBへ伝播する場合と、BからAへ伝播する場合とで異なる。

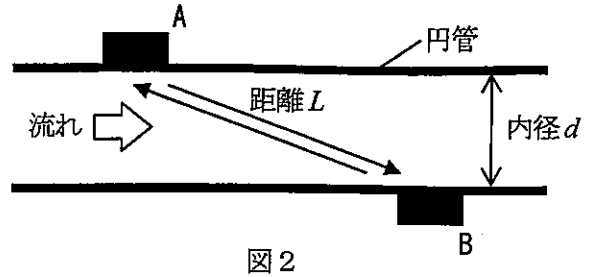


図2

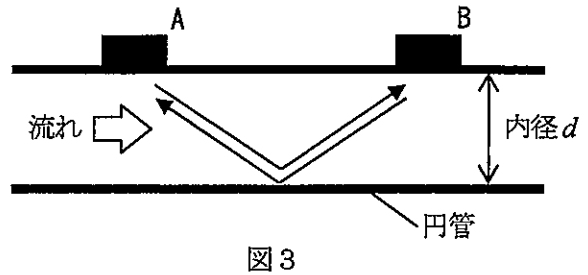


図3

この差は流れの方向と流速により生じるため、A-B間の距離 L があらかじめ分かっているならば、この差を利用して流速が求められ、既知である円管断面積との積により流量が求められる。

一方、図3に示すようにA、Bを配置して、超音波を させる測定系も使用される。この方法は 乱れが測定に及ぼす影響を緩和できる利点を有する。また、内径 d が小さく、かつ、AとBを管路方向に十分離して配置できないような場合には、図2の配置との比較から、 L の短縮に伴う測定精度の低下を緩和する効果も得られる。

< ~ の解答群 >

ア クランプオン

イ 接液

ウ 接地

エ 散乱

オ 回折

カ 反射

キ 周波数

ク ^{でんぱ}伝播時間

ケ 波長

コ 流れの方向の

サ 流れに垂直方向の

シ 超音波が引き起こす

(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) 次の各文章及び図の 1 ~ 7 の中に入れるべき最も適切な字句を 1 ~ 7 の解答群から選び、その記号を答えよ。なお、4、5 及び 6 は 2 箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

1) 燃焼炉の燃焼制御の例を図 1 に示す。燃焼炉の燃焼制御では二つの制御系、すなわち、炉内温度を制御する温度調節計と燃料流量を制御する流量調節計を組み合わせ、温度調節計の制御出力を流量調節計の目標値として与える 1 制御を適用することが多い。これは、流量調節計がないと、燃料の供給圧力が外乱で変化したときに燃料流量が変化して炉内温度が変化してしまうが、流量調節計を組み込むことにより、供給圧力が変化しても流量が一定に保たれ、炉内温度が乱されないという効果があるからである。また、燃焼はできるだけ省エネルギーの観点から過剰空気量を抑えるため、空気流量を燃料流量に応じた適正量にする 2 制御が適用される。燃焼用空気を送り込む空気ブロワについては、その流量制御の操作端として、入口ベーンの代わりに 3 を採用すると、空気ブロワの回転速度を操作することにより省電力を図ることができる。

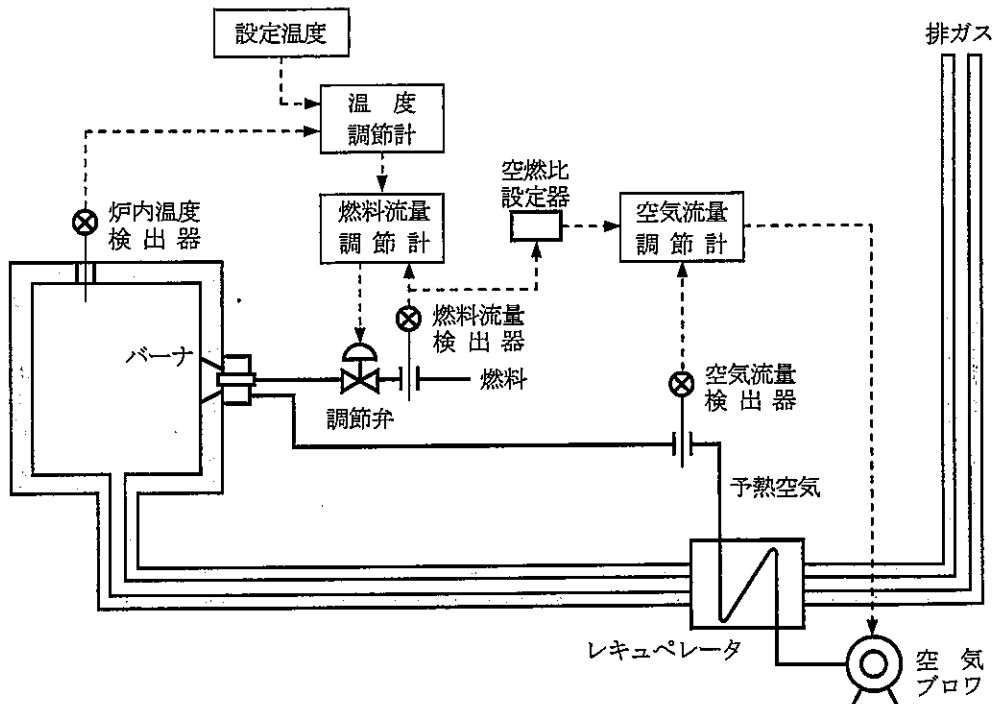


図 1

2) 燃烧炉の燃烧制御での温度制御及び流量制御は、それぞれ図2の構成になる。このような構成の制御系では、系が安定しているときに、目標値の変更や制御対象に [4] が与えられると、その影響で目標値と測定値の間に [5] が現れ、[6] 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。このような構成の制御系を [7] 制御系と呼ぶ。

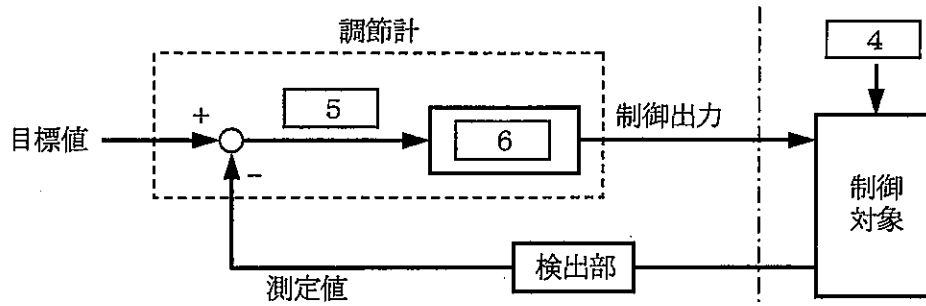


図2

< [1] ~ [7] の解答群 >

- | | | | | | | | |
|---|-----------|---|---------|---|-------|---|-------|
| ア | フィードフォワード | イ | フィードバック | ウ | カスケード | エ | 比率 |
| オ | 追値 | カ | 電電変換器 | キ | インバータ | ク | コンバータ |
| ケ | 外乱 | コ | 偏差 | サ | 誤差 | シ | 制御量 |
| ス | 進み遅れ要素 | セ | 比較部 | ソ | 変換部 | タ | 制御演算部 |

(2) 次の文章の [8] ~ [11] の中に入れるべき最も適切な字句又は式を < [8] ~ [11] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

制御アルゴリズムとして、プロセス制御では一般にPIDアルゴリズムが適用される。ここで、P動作、I動作、D動作それぞれに対応した調整パラメータとして、[8] で表される比例帯、 T_i で表される [9]、 T_d で表される [10] が一般に使用される。その場合、PID動作のラプラス変換表示は [11] となる。

< [8] ~ [11] の解答群 >

- | | | | | | | | |
|---|------------------------------------|---|---|---|---|---|------------------|
| ア | $\frac{100(1+T_d s)}{PB(1+T_i s)}$ | イ | $\frac{100}{PB} \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$ | ウ | $\frac{PB}{100} \left(1 + \frac{1+T_d s}{1+T_i s} \right)$ | エ | $\frac{100}{PB}$ |
| オ | PB | カ | 進み時間 | キ | 遅れ時間 | ク | 積分時間 |
| ケ | 微分時間 | コ | 比例時間 | | | | |

問題12の(3)は次の7頁にある

(3) 次の文章の 12 ~ 17 の中に入れるべき最も適切な字句を 12 ~ 17 の解答群> から選び、その記号を答えよ。

PID制御の調整パラメータの設定には経験的な値が用いられることが多いが、厳密に調整するときには、制御対象の動特性を動作試験で求めて行われる。その方法としては、制御系をオープンループで行う 12 とクローズドループで行う 13 が一般に適用される。

比例帯の調整で、比例帯を 14 していくと、外乱や目標値変更に対する修正動作は 15 なるが、応答は振動的になる。PID調整パラメータのチューニング指標として図3に示すように、目標値をステップ状に変化させ、測定値の追従性を見たときの $\frac{a_2}{a_1}$ に相当する 16 や、 $\frac{a_1}{a_0}$ に相当する 17 が一般に使用される。

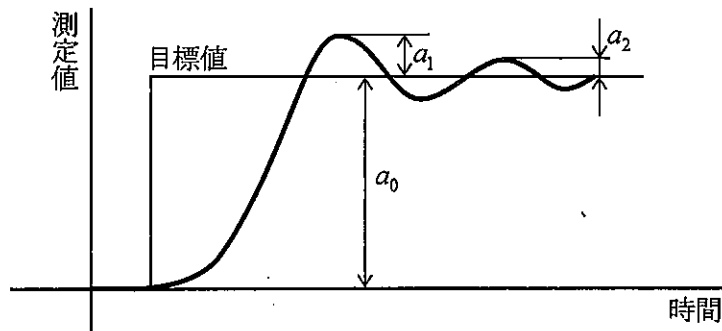


図3

< 12 ~ 17 の解答群 >

- | | | | |
|----------|-----------|---------|---------|
| ア 増幅比 | イ 減衰比 | ウ 行過ぎ量 | エ 整定量 |
| オ ランプ入力法 | カ ステップ応答法 | キ 波形観測法 | ク 限界感度法 |
| ケ 小さく | コ 大きく | サ 遅く | シ 速く |

(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 [1] ~ [22] 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、同じ記号を2回以上使用してもよい。(配点計50点)

(1) ボイラ伝熱面において、伝熱管の外面に燃焼灰が付着したり、伝熱管の内面に [1] が付着すると、ボイラ伝熱面での伝熱量が [2] し、ボイラ排ガス温度が [3] する。

燃焼灰が付着した場合、必要箇所には [4] が設置してあれば、ボイラ運転中に [5] 又は [6] を高圧ノズルから噴射して、伝熱管外面に付着した灰を吹き飛ばすことができる。なお、重油燃焼の場合、金属化合物が燃焼灰となってボイラ伝熱面に付着しやすく、特にバナジウム系化合物の融点の [7] 燃焼灰が、[8] や [9] のような伝熱面温度の高い部分に付着^{たいせき}堆積すると、母材金属である管材料の [10] を溶解させ腐食を引き起こすことがある。これを [11] という。対策としては、低バナジウムの燃料への切替えを考慮する。

< [1] ~ [11] の解答群 >

- | | | | |
|--------|--------|-----------|----------------------|
| ア 薬品 | イ 空気 | ウ 蒸気 | エ スケール |
| オ 酸化皮膜 | カ 溶接金属 | キ コロイド状物質 | ク スートブロウ |
| ケ 過熱器 | コ 再熱器 | サ 節炭器 | シ 槌打器 ^{ついで} |
| ス 低温腐食 | セ 高温腐食 | ソ 低下 | タ 上昇 |
| チ 改善 | ツ 低い | テ 高い | |

(2) 伝熱管内面の付着物は、ボイラ水中のカルシウムなどの硬度成分や溶解固形分などが管内面に硬く付着したもので、その付着物の [12] は、管材料である鋼のそれよりもはるかに小さく、管温度を上昇させるので、管の [13] や破裂を生じさせることがある。対策としては、日常の水質管理を水質基準に則して実施するとともに、ボイラ停止時に付着量を測定して、経年により付着量が基準値に接近した場合は、[14] を行い、化学的に付着物を除去する。

< [12] ~ [14] の解答群 >

- | | | | |
|----------|-------|--------|--------|
| ア アルカリ洗浄 | イ 酸洗浄 | ウ 膨出 | エ 腐食 |
| オ 炭化 | カ 熱負荷 | キ 熱伝達率 | ク 熱伝導率 |

(3) あるボイラの蒸発量が35 t/h、発生蒸気の比エンタルピーが2920 kJ/kg、給水の比エンタルピーが420 kJ/kg、燃料の低発熱量が40.9 MJ/kg、ボイラ効率(低発熱量基準)が89%のとき、入熱は燃料からのみ供給されるものとする、燃料消費量は [15] [kg/h] となる。このボイラの運転条件は、基準温度(大気温度)が20℃、排ガス温度が150℃、排ガス量(燃料1 kg 当たり)が17.7 kg/kg-f、排ガスの定圧比熱が1.09 kJ/(kg·K)であったが、最近排ガス温度が13 K 上昇していた。この場合、ボイラ効率が以前より低下して絶対値で [16] [%] の低下と見積もられる。ただし、ボイラ損失のうち、排ガス損失がガス温度上昇のみに伴って変化し、その他の損失は変化しないものとする。

< [15] 及び [16] の解答群 >

ア 0.5 イ 0.6 ウ 0.7 エ 2200 オ 2300 カ 2400

(4) ボイラからの所内蒸気供給配管を敷設するに当たっては、蒸気配管や弁などの保温を十分行うとともに、次の対策を考慮する。すなわち、蒸気送気をいったん停止し、その後再開するときなどに起きやすい [17] の発生を防止するため、途中、適当な間隔でドレンだまりを作り [18] を設けて、ドレンを排出するようにする。蒸気使用設備の入口には質の良い蒸気が使えるよう [19] を設置するのがよい。また、配管材料の選定に当たっては輸送蒸気の温度に留意し、 [20] [℃] 以下であれば炭素鋼鋼管が使用できる。さらに、配管径の選定に当たっては、圧力損失は距離の [21] 乗に比例し、管内径の [22] 乗に反比例することを考慮して、蒸気使用先までの管路で圧力が低下しすぎないように留意する。

< [17] ~ [22] の解答群 >

ア 1	イ 2	ウ 3	エ 4
オ 5	カ 350	キ 450	ク 550
ケ ヒートポンプ	コ ストレーナ	サ ウォータハンマ	
シ ドレンアタック	ス ドレンセパレータ	セ スチームアキュムレータ	
ソ スチームトラップ			

(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 ～ 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、、 及び は 2 箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

火力発電所の蒸気サイクルの基本サイクルは サイクルであるが、実設備では熱効率向上のために、再熱・再生を行う蒸気サイクルが一般に採用されている。蒸気サイクルの熱効率は、蒸気タービン入口における蒸気の圧力(初圧)と温度(初温)を高くするほど向上する。一方、蒸気タービン内で膨張し仕事に変換されて、圧力、温度が低下したタービン出口の蒸気は、 に導かれ冷却されて凝縮水となり、その 熱を放出し火力発電所の大きな損失となっている。この で捨て去る熱量を少なくしてサイクルの熱効率を上げるため、タービン内の途中から蒸気の一部を抽出し に導き、その 熱をボイラ給水温度の昇温に利用させている。この熱利用システムを含んだサイクルを サイクルという。

蒸気の初温を一定にした状態で初圧を上げていくと、タービン内の 段側の蒸気の 度が上昇する。この値が高くなると、タービン内部の損失が大きくなるだけでなく、 などの原因になる。そこで、 度が一定値以上にならないように制限した上で、熱効率を高める方策として考案されたのが サイクルである。

< ～ の解答群 >

- | | | | |
|---------|--------|--------|-------------------------|
| ア カルノー | イ サバテ | ウ ランキン | エ 再熱 |
| オ 再生 | カ 複合 | キ 過熱器 | ク 復水器 |
| ケ 給水加熱器 | コ クリープ | サ 浸食 | シ 脆化 <small>ぜいか</small> |
| ス 摩擦 | セ 頭 | ソ 潜 | タ 高温 |
| チ 高圧 | ツ 低圧 | テ 過熱 | ト 乾き |
| ナ 湿り | | | |

(2) 次の文章の [10] ~ [20] の中に入れるべき最も適切な字句をく [10] ~ [20] の解答群> から選び、その記号を答えよ。なお、[14] は2箇所あるが、同じ記号が入る。

タービンでは流体の圧力が低下する [10] 流れであるのに対して、ターボ圧縮機では駆動機からエネルギーを与えられ、流体の [11] を圧力に変換する [12] 流れである。一定回転速度における圧縮機の性能は、流量と圧力との関係として表され、損失がなければ直線であるが、速度の2乗に比例する [13] 損失と翼入口における衝撃損失を差し引かれて、実際の流量に対する圧力線が形成されて、ある回転速度における性能曲線が得られる。

ある回転速度における性能曲線において、大幅に流量を増やしていくと、圧力は [14] が、実際には圧力が [14] 割合以上に [15] が増加することにより [16] 現象が起きるため、流量は [17] 。一方、ある回転速度における性能曲線において、吐出し弁を絞って流量を減らしていくと、圧力は [18] が、[19] 圧力付近において [20] 現象が起きる。また、一般に最高効率点はこの近傍領域にある。

< [10] ~ [20] の解答群 >

- | | | | | | | | |
|---|------------------------|---|-------|---|-------|---|------|
| ア | チョーキング | イ | ノッキング | ウ | サージング | エ | 摩擦 |
| オ | 漏洩 <small>ろうえい</small> | カ | 最大 | キ | 平均 | ク | 最小 |
| ケ | 増速 | コ | 減速 | サ | 速度 | シ | 温度 |
| ス | 密度 | セ | 比熱 | ソ | 比体積 | タ | 上昇する |
| チ | 一定となる | ツ | 低下する | テ | 停止する | | |

(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) 次の各文章の [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。

1) 熱交換器にはその機能や用途により様々な呼称がある。加熱装置は媒体を加熱する機能を持つ熱交換器の呼称の一つである。加熱装置には、例えば、水蒸気や熱媒体を伝熱管内に流して [1] 接触により加熱するジャケット加熱方式、管状加熱方式などがある。また、高温の燃焼ガスを管内に送り、管本体を高温にして [2] 伝熱により被加熱物を加熱する [3] がある。

2) 化学プラントなどで使われる代表的な管式熱交換器として多管式熱交換器がある。この熱交換器は円筒の胴内に多数の管を配列したもので、管と管板の取付方法や管の形状によって、一般に次のように大別されている。すなわち、多管式の中で構造的に最も簡単な [4] 式、管束を引き抜くことができ、伝熱管の熱膨張による応力発生がない [5] 式、直管の伝熱管を用いており、片方の管板を固定しない [6] 式である。

< [1] ~ [6] の解答群 >

ア U字管 イ 二重管 ウ 単管 エ 固定管板 オ 遊動頭
カ 直接 キ 間接 ク 放射 ケ 強制対流 コ 熱伝導
サ リジェネレイティブバーナ シ レキュペレータ
ス ラジアントチューブ

(2) 次の文章の 7 ～ 10 の中に入れるべき最も適切な字句又は式を 7 ～ 10 の解答群から選び、その記号を答えよ。なお、9 及び 10 は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

熱交換器は高温の熱媒体から低温の熱媒体に熱を移動させる装置であり、その性能を表す指標として温度効率やエネルギー効率がある。エネルギー効率は、熱交換器において交換可能な最大の熱量 Q_{\max} に対する、実際に交換された熱量の比である。高温側熱媒体の質量流量を m_h 、比熱を c_h 、低温側熱媒体の質量流量を m_c 、比熱を c_c としたとき、最大の熱量 Q_{\max} は、単位時間当たりに流れる両熱媒体の熱容量である、 $C_h = m_h \times c_h$ と $C_c = m_c \times c_c$ とを比べて 7 の方の熱媒体が、熱交換器で利用可能な最大の温度差 8 に等しい温度変化となるときの交換熱量である。ここで、高温側熱媒体の熱交換器の入口温度を T_{h1} 、出口温度を T_{h2} とし、低温側熱媒体の熱交換器の入口温度を T_{c1} 、出口温度を T_{c2} とする。

実際に交換された熱量を、低温側熱媒体の交換熱量で表すと 9 となる。

$C_h < C_c$ とすると、 Q_{\max} は 10 となり、エネルギー効率 η は次式で表される。

$$\eta = \frac{\text{9}}{\text{10}}$$

なお、実際に交換される低温側熱媒体の出口温度が高温側熱媒体の入口温度に近づくほど、エネルギー効率は高くなる。

< 7 ～ 10 の解答群 >

ア $T_{h1} - T_{h2}$

イ $T_{h1} - T_{c1}$

ウ $T_{c2} - T_{c1}$

エ $C_h \times (T_{h1} - T_{c1})$

オ $C_h \times (T_{h1} - T_{c2})$

カ $C_h \times (T_{h2} - T_{c2})$

キ $C_c \times (T_{h1} - T_{c1})$

ク $C_c \times (T_{h2} - T_{c1})$

ケ $C_c \times (T_{c2} - T_{c1})$

コ 大き

サ 小さ

問題 15 の (3) は次の 17 頁にある

(3) 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 ～ の解答群> から選び、その記号を答えよ。

熱交換器では、通過する熱媒体による汚れが伝熱面に付着することなどにより、熱抵抗が増大する。熱抵抗が増大すると、例えば、被冷却熱媒体の温度、流量の条件を保持しなければならぬ場合、冷却熱媒体の入口温度が変えられないときには、流量を ことで熱交換量を維持することになる。しかし、管路の圧力損失が増大することにより、 の増加をもたらす。熱交換器の日常管理では、温度効率などの指標を使って伝熱性能の低下を把握するとともに、管理標準値を下回ったときは所定性能を回復するため洗浄作業などを行うことが必要となる。

一般には、熱交換器の出入口における流体温度を測定して温度効率の変化を記録するが、流体の汚れなどが付着すると温度効率は次第に する。したがって、温度効率の値が、システムの中で必要な管理標準値の範囲を外れないように熱交換器を管理する。例えば、熱交換器の低温側流体の入口温度が 20°C 、高温側流体の入口温度が 80°C のとき、低温側の流体に着目した温度効率の管理標準値を 50% 以上とすると、低温側流体の出口温度が $^{\circ}\text{C}$ 以上を維持するように洗浄作業を行うことになる。

この熱交換器において、低温側流体の比熱が $4\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、質量流量が $5\text{kg}/\text{s}$ 、出口温度が 60°C であったとき、熱交換器外部への熱損失がない場合、高温側から低温側へ移動した熱量は $[\text{MW}]$ である。

< ～ の解答群 >

ア 0.2	イ 0.8	ウ 1.2	エ 30	オ 50
カ 60	キ 減らす	ク 増やす	ケ 低下	コ 上昇
サ 搬送動力	シ 汚れ	ス 熱伝達量		

(冷凍・空気調和設備 — 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又は式を ～ の解答群から選び、その記号を答えよ。

蒸気圧縮冷凍機は、代替フロン、アンモニアなどの冷媒を作動流体として、冷凍サイクルを構成するもので、図 1 のように冷媒の絶対圧力を縦軸、比エンタルピーを横軸とした 線図によって示すことができる。

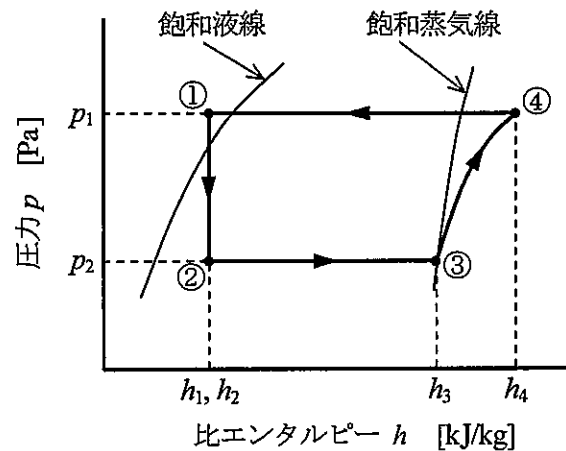


図 1

この中で、例えば、

状態点 ①→② の変化は の作用を、

状態点 ②→③ の変化は の作用を、

状態点 ③→④ の変化は の作用を

それぞれ示す。

冷凍機の性能は、一般に と呼称される指標で示され、図 1 の比エンタルピーを用いて式 で表すことができる。

< ～ の解答群 >

- | | | | | |
|---------------------------------|-------|----------|---------------------------------|---------------------------------|
| ア CEC | イ COP | ウ PAL | エ $\frac{h_3 - h_2}{h_4 - h_3}$ | オ $\frac{h_4 - h_3}{h_3 - h_2}$ |
| カ $\frac{h_4 - h_1}{h_3 - h_2}$ | キ T-Q | ク デューリング | ケ モリエ | コ 圧縮機 |
| サ 蒸発器 | シ 凝縮器 | ス 膨張弁 | | |

問題 16 の (2) 及び (3) は次の 19 頁及び 20 頁にある

(2) 次の各文章の [7] ~ [12] の中に入れるべき最も適切な字句、数値又は記述を
く [7] ~ [12] の解答群〉から選び、その記号を答えよ。

- 1) 冷凍・空調設備の省エネルギー対策としては、まず、空調負荷の低減を図ることである。
空調負荷のうち、顕熱負荷及び潜熱負荷を併せ持つ負荷としては、外気負荷や [7] などが挙げられる。
- 2) 空調設備におけるポンプやファンなどの搬送エネルギーは、例えば事務所ビルでは、建物の全エネルギー消費量のうちの 15% 前後を占める場合もある。それらの搬送エネルギーの低減を図るための手法の一つとして、負荷に応じて流量あるいは風量を、電動機の回転速度により制御する対策が有効である。このとき、回転速度を $\frac{1}{2}$ にすると、軸動力を理論的には [8] に低減することが可能となる。
- 3) 蒸気圧縮冷凍機の熱源において、蓄熱方式を採用する省エネルギー上のメリットは、熱源の [9] 運転をできるだけ回避することによって、機器効率の低下を防止することである。一般に水搬送をオープン方式にした場合には、クローズド方式に比べ [10] する。
- 4) 蒸気圧縮冷凍機及び吸収冷凍機のいずれにおいても、同じ冷熱量を供給する場合、一般に冷水出口温度を上げると、冷凍機のエネルギー消費量は [11] 。また、冷凍機への冷却水入口温度を上げると、冷凍機のエネルギー消費量は [12] 。

く [7] ~ [12] の解答群〉

- | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| ア $\frac{1}{8}$ | イ $\frac{1}{4}$ | ウ $\frac{1}{2}$ | エ 定格 |
| オ 人体発熱負荷 | カ 照明発熱負荷 | キ 日射負荷 | ク 全負荷 |
| ケ 部分負荷 | コ 減少する | サ 変化しない | シ 増加する |
| ス ポンプ動力は減少 | セ ポンプ動力は増加 | ソ 熱源容量は増加 | |

(3) 次の文章の [13] ~ [16] の中に入れるべき最も適切な字句又は式をく [13] ~ [16] の解答群〉から選び、その記号を答えよ。

取入れ外気と室内からの還気を混合して、空気調和機(蒸気加湿装置付き)により加熱及び加湿した後に、空気を室内に供給して暖房を行う場合の空気の状態変化を、図2のように湿り空気線図($h-x$ 線図)上に示すものとする。また、運転条件は以下のとおりとする。

空調機出口風量 = A_S [m^3/h] 取入れ外気量 = A_O [m^3/h]

空気の比熱 = $1 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 空気の密度 = $1.2 \text{ kg}/m^3$

外気負荷以外の潜熱負荷はないものとする。

なお、外気量に見合う量を系統から排気するので、還気量は $(A_S - A_O)$ [m^3/h]となる。

このとき、コイルによる加熱の状態変化は、図2の状態点を用いて表すと 13 への変化であり、そのときのコイルにおける加熱量は式 14 で表される。また、取入れ外気の顕熱負荷は式 15 で、外気的全熱負荷は式 16 でそれぞれ表される。

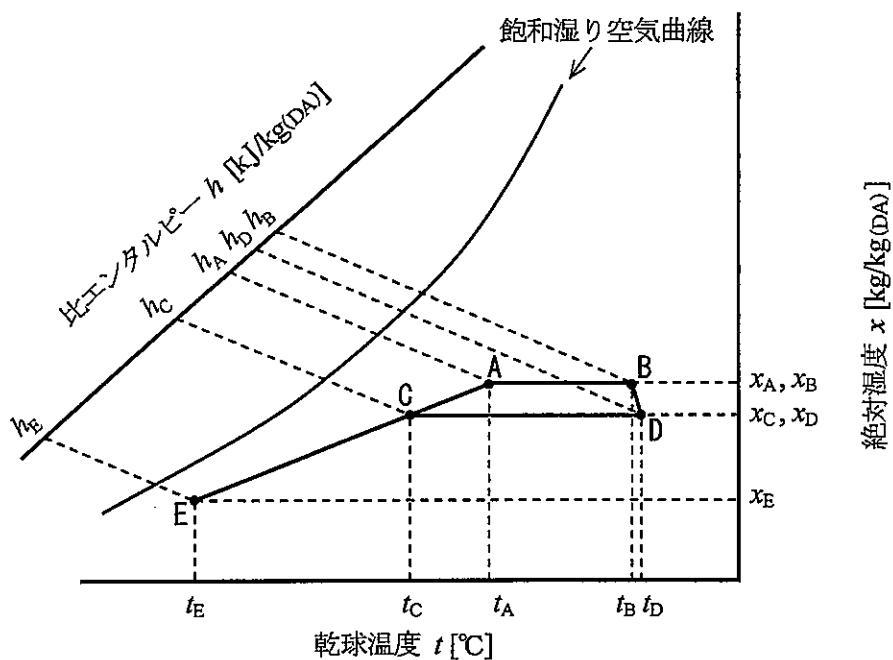


図2

< 13 ~ 16 の解答群 >

- | | | |
|--|--|--|
| ア $A_O \times (h_C - h_E)$ | イ $1.2 \times A_O \times (h_C - h_E)$ | ウ $A_S \times (h_A - h_C)$ |
| エ $1.2 \times A_S \times (h_A - h_C)$ | オ $A_S \times (h_B - h_C)$ | カ $1.2 \times A_S \times (h_B - h_C)$ |
| キ $A_S \times (h_D - h_C)$ | ク $1.2 \times A_S \times (h_D - h_C)$ | ケ $1.2 \times 1 \times A_O \times (t_A - t_E)$ |
| コ $1.2 \times 1 \times A_O \times (x_A - x_E)$ | サ $1.2 \times 1 \times A_O \times (t_C - t_E)$ | シ $1.2 \times 1 \times A_O \times (x_C - x_E)$ |
| ス A点からB点 | セ C点からA点 | ソ C点からD点 |

(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] ~ [7] の中に入れるべき最も適切な字句を < [1] ~ [7] 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。

1) 工業炉のうちの燃焼炉には、火炎や燃焼生成ガスが材料に触れながら加熱する直接加熱方式と、[1] あるいはレトルトなどの隔壁を設けて、火炎や燃焼生成ガスが材料に直接触れないように加熱する間接加熱方式がある。

間接加熱方式では、加熱される材料の表面が火炎や燃焼生成ガスなどの影響を受けないので、金属の [2] や光輝熱処理、浸炭などの [3] 中での熱処理に広く用いられている。

2) 蓄熱式(リジェネレイティブ)バーナを設置した高性能工業炉は、近年、特に高性能工業炉普及促進フィールドテスト事業以降、CO₂削減対策とも相まって鋼片加熱炉、[4] 、[5] などへ幅広く適用されてきている。

連続式鋼片加熱炉では、燃焼排ガスの排熱回収を限界まで追求して燃焼用空気を 1000℃ 前後、あるいはそれ以上の温度まで予熱するとともに、[6] の低減を図った技術が開発された。蓄熱式バーナは基本的には交番燃焼であり、操作性の複雑さを伴うが、予熱帯の短小化による炉体のコンパクト化、[7] も期待でき、高効率の排熱回収と相まって加熱炉の熱効率は理論限界近くまで向上するものと期待されている。また、塗装焼付け炉の排ガス中に含まれる揮発性有機化合物などを焼却するための [5] への適用では、熱交換体である蓄熱層を順次切り換えることで、処理ガスの予熱、焼却、排熱の回収を連続的に行い、排ガス中の潜熱と顕熱のほぼ 90% を回収することによって大きな省エネルギーを達成している。

< [1] ~ [7] の解答群 >

ア SOx	イ NOx	ウ 空気	エ 雰囲気	オ 酸化
カ 無酸化	キ キャスタ	ク トレイ	ケ マップル	
コ ごみ熔融炉		サ セメント焼成炉		シ アルミ溶解炉
ス ガス焼却炉		セ シャフト炉		ソ 廃液焼却炉
タ 炉圧の平均化		チ 炉温の均一化		ツ 未燃成分の抑制

(2) 鋼片加熱炉の省エネルギー対策をまとめた次の表の ～ 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。

分類	目的	対策例
抽出鋼材顕熱の低減	加熱に要する全熱量の低減	<input type="text" value="8"/> の採用
	抽出温度の <input type="text" value="9"/>	圧延プロセスの改善
排ガス損失熱の低減	適正 <input type="text" value="10"/> の維持	排ガス O ₂ 濃度制御の採用
	<input type="text" value="11"/> の低減	酸素富化燃焼などの採用
	排ガスの炉外リーク量の低減	炉内圧力の適正化制御の採用
	排ガス温度の低下	<input type="text" value="12"/> の改善
冷却水損失熱、炉体放散熱などの低減	炉体放散熱や <input type="text" value="13"/> の低減	セラミックファイバの採用
排ガス損失熱の熱回収	燃焼用空気の前熱、高温化	蓄熱式バーナの採用
<input type="text" value="14"/> 使用量の低減	送・排風機の消費エネルギーの削減	VVVF の採用
	力率の改善	進相コンデンサの設置

< ～ の解答群 >

- | | | |
|------------|-----------|-----------|
| ア 上昇 | イ 低下 | ウ 電力 |
| エ 燃料 | オ 燃料比 | カ 空気比 |
| キ 排ガス量 | ク 排ガス窒素濃度 | ケ 理論酸素量 |
| コ 炉壁放射率 | サ 炉体吸収率 | シ 炉体蓄熱量 |
| ス オーバーチャージ | セ ホットチャージ | ソ サイドチャージ |
| タ ヒートパターン | チ 流量パターン | ツ 圧力パターン |

問題 17 の (3) は次の 23 頁にある

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

1) 不定形耐火物の代表は [15] であるが、このうちセメントを含むものは、水と混練後、[16] により機械的強度が増加する。高密度、高強度の [15] にするためには、混練水量を減らす必要があるが、超微粉の粘土や [17] を添加して、更に混練水量を減らしたものが実現してきている。

2) セラミックファイバは他の耐火物に比べ、断熱性が高く軽量で蓄熱量が少ない。また、高温用セラミックファイバの普及により耐火度も向上した。省エネルギーという観点から非常に優れた炉材である。したがって、近年、炉内全面セラミックファイバライニングタイプの炉が主流になりつつあるが、気孔率、比表面積が大きいので、浸食を受けやすいので注意を要する。特に [18] 、Naなどのアルカリ金属の酸化物、及び [19] などのアルカリ土類金属の酸化物とは、低融点の化合物を作り容易に浸食を受ける。

< [15] ~ [19] の解答群 >

ア Cr	イ Cu	ウ K	エ Ca
オ Mo	カ Zn	キ アルミナ	ク シリカ
ケ ライム	コ キャスタブル	サ 耐火れんが	シ ファイバボード
ス 水和結合	セ 凝集結合	ソ 粘着結合	

(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) 次の文章の [1] ~ [8] の中に入れるべき最も適切な字句を < [1] ~ [8] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

蒸発を継続させるのに必要な条件は、蒸発に必要な [1] を絶えず溶液に与えることと、発生した蒸気を絶えず [2] することであり、これらをいかに効率的に達成させるかが重要である。

蒸発操作において、被濃縮液の真の沸点を評価することは重要である。沸点上昇には、溶質の存在に起因するものと、溶液の [3] に起因するものがある。不揮発性物質を含む溶液の蒸気圧は、同一温度の純溶媒の蒸気圧より必ず [4] 。したがって、同一圧力では、溶液の沸点は常に純溶媒の沸点より高くなる。溶液の沸点を求めるには [5] 線図を利用する。

蒸発操作の方式として、発生した蒸気を圧縮して温度を上げ、液の加熱用蒸気として再利用する [6] 法、発生蒸気をより低温・低圧で操作している次の缶の加熱用蒸気として順次利用する [7] 法、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 [8] 法などがある。

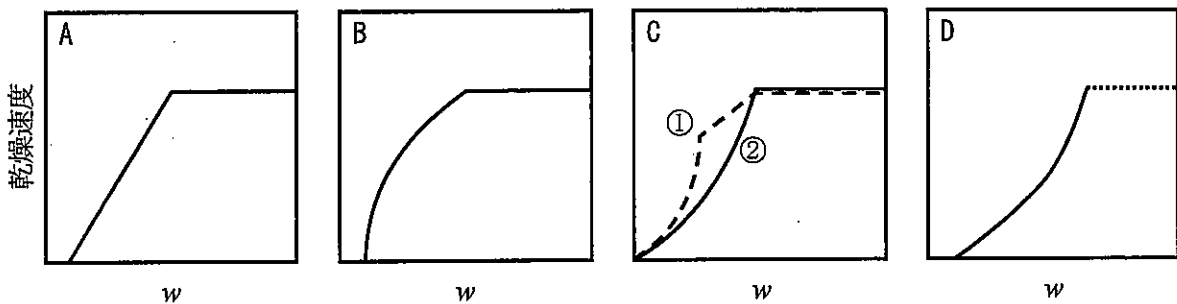
< [1] ~ [8] の解答群 >

- | | | | |
|-------------|----------|--------|----------|
| ア 大きい | イ 小さい | ウ 圧力 | エ 熱量 |
| オ 除去 | カ 再圧縮 | キ 加熱 | ク 静圧頭 |
| ケ 沸騰濃縮 | コ 再熱再生 | サ 蒸気圧縮 | シ 湿り空気 |
| ス モリエ | セ デューリング | ソ 多重効用 | タ 多段連続精留 |
| チ 多段フラッシュ蒸発 | | | |

問題 18 の (2) 及び (3) は次の 25 頁及び 26 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を ～ の解答群> から選び、その記号を答えよ。

図は減率乾燥速度曲線の分類を示し、 w は含水率を表すものとする、Aは材料の粒子が比較的独立な構造を持つ場合に見られ、Bは 微粒子又は短繊維材料などに見られる。A及びBは共に 力による脱水が行われる材料である。Dは石鹼、^{せっけん}膠、^{にかわ}ゼラチンなどの均質材料を乾燥する際に現れ、定率乾燥期間を欠くものが多く、表面含水率は乾燥初期において熱風との平衡含水率まで急激に減少し、以後、材料内の が現象を支配することになる。CはA及びBとDの間で、Cの①は粘土のようなオスモティック水を持つ材料、Cの②は最も一般的な形であり、成形材料、^{たいせき}堆積層などに現れる。所要乾燥時間は大略の見当として、A及びBでは に比例し、Dでは に比例し、Cはその中間と見てよい。



< ～ の解答群 >

- | | | | |
|---------|------------|---------|-------------|
| ア 吸着 | イ 伝導伝熱 | ウ 蒸気拡散 | エ 水分拡散 |
| オ 親水性 | カ 非親水性 | キ 毛管 | ク オスモティック吸引 |
| ケ 材料の厚さ | コ 材料の厚さの2乗 | サ 材料の質量 | シ 材料の質量の2乗 |

(3) 次の文章の [14] ~ [19] の中に入れるべき最も適切な字句を < [14] ~ [19] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

石炭の乾留法には、600℃程度で乾留する低温乾留と、1000℃以上の温度で乾留する高温乾留の2種類がある。

高温乾留で発生するガスの大部分は [14] であり、600～800℃の間で多く発生する。低温乾留での発生ガスの主要成分は [15] であり、このため、ガスの単位体積当たりの発熱量は高温乾留の発生ガスと比べて [16] 。

ナフサや重質油などの液体原料のガス化には、触媒を使用しない [17] 法、外部加熱し触媒を用いて水性ガスを製造する [18] 法、水蒸気と共に酸素(空気)を送り込み液体原料の一部を燃焼して、その燃焼熱により反応に必要な熱を補給する [19] 法がある。

< [14] ~ [19] の解答群 >

ア CO ₂ 改質	イ 部分燃焼	ウ 接触分解	エ 熱分解
オ 一酸化炭素	カ 二酸化炭素	キ メタン	ク 水素
ケ 大きい	コ 同程度である	サ 小さい	

(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)

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。
- (2)

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

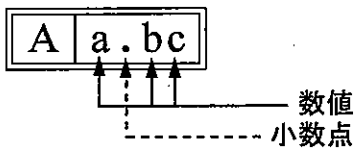
、

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。それぞれ a,b,c などのアルファベットごとに該当する数字「0,0,2,3,4,5,6,0,0,0」を塗りつぶすこと。
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。

「解答例 1」

(設問)



(計算結果)

6.827……
 ↓ 四捨五入
 6.83

(解答)

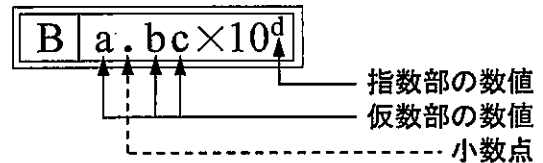
「6.83」に
 マークする



A			
a	.	b	c
0		0	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