



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	1～6 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	7～12 ページ

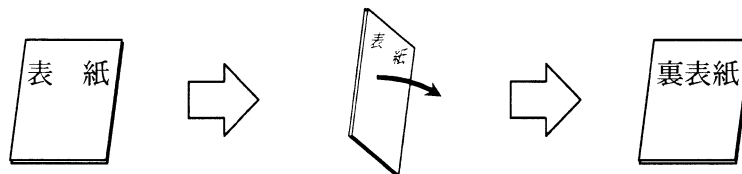
以下の問題15から問題18までは、4問題中2問題を選択して解答すること。

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		19～22 ページ
選択	問題17	工業炉、熱設備材料		23～26 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。



全体を裏返す

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 [1] ~ [16] 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、[3]、[4]、[8] 及び [9] は 2 箇所、[10] 及び [13] は 3 箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計 50 点)

(1) 工業炉に用いる温度センサは、測定対象の温度及び雰囲気に応じて適切なものを選定する必要がある。T 型、K 型及び R 型の 3 種類の熱電対の適用性について次に述べる。

炉内の温度が 1200℃前後の高温で使用する場合には、[1] が適切であり、900℃前後までであれば [2] が使用できる。これらはいずれも [3] 雰囲気には強いが、[4] 雰囲気には不適である。

一方、200℃程度までの低温域では [5] が汎用的に用いられており、[4] 雰囲気には強いが、[3] 雰囲気には強くない。

炉内雰囲気による使用上の制約については、素線を保護することにより対応が可能であり、保護管を使用する方法やシース形熱電対を使用する方法がある。シース形熱電対は、金属シースと熱電対素線の間に [6] を充填封入して一体となった構造に加工した熱電対であり、保護管付熱電対よりも応答性が良い。また、シース形熱電対には接地形と非接地形があり、応答性の良いのは [7] の方であるが、ノイズ対策に配慮する必要がある。

< [1] ~ [7] の解答群 >

- | | | |
|----------|-------------|-------------|
| ア 還元性 | イ 酸化性 | ウ 乾燥 |
| エ 高湿度 | オ 接地形 | カ 非接地形 |
| キ 絶縁性オイル | ク 多孔質の無機絶縁物 | ケ 粉末状の無機絶縁物 |
| コ K 型熱電対 | サ R 型熱電対 | シ T 型熱電対 |

(2) タンク内の液体の量を知るためには液位計が用いられる。液位の高さは、ある基準の高さと液面位置との差を長さで測定することにより決められ、その測定には種々の方式が用いられている。原理的には大きく、①直接長さで測定する方式、②他の物理量へ変換するなど間接的に長さを把握する方式、の二つに大別される。

①の方式の例としては [8] 式液位計がある。これは液面の移動によって移動する [8]

の位置を測定する方法である。

②の方式の例としては [9] 式液位計がある。これは、[9] をタンク内の液相中又は気相中に伝播させ、液面で反射して戻るまでの時間と [10] により液位を測定するものである。ただし、[10] は温度によって変わるので、温度測定を併用して補正を行わなくてはならない。この方式を用いると、液面に接触せずに液位を測定することができる。

また、②の方式には、伝播速度が [10] よりも速い [11] を用いた方式もある。この方式は、伝播時間を直接測定するのではなく、周波数変調された信号を用い、発射波と [12] の周波数の差を測定することにより、伝播距離すなわち液位を求めるものである。

< [8] ~ [12] の解答群 >

- | | | | |
|--------|----------|--------|---------|
| ア 超音波 | イ 反射波 | ウ 搬送波 | エ 表面波 |
| オ 放射波 | カ マイクロ波 | キ 音速 | ク 光速 |
| ケ 湿度 | コ 密度 | サ 流速 | シ オリフィス |
| ス コリオリ | セ ダイアフラム | ソ フロート | |

(3) 流れの中では、加熱した物体の冷却には流速が大きく関与する。この原理を利用して、流体中にセンサを設置して流速を測定する装置が [13] 流速計である。流体の性状が決まり、流体とセンサの温度差が一定であれば、単位時間当たりにセンサから奪われる熱量は流速の m 乗に比例する。この m の値はセンサの形状等で決まる。

[13] 流速計の一つである [13] 風速計は、主に通電状態のセンサが風で冷却されたときに生じる [14] の変化特性を利用して風速を求めるものである。この方式のセンサ部分には、[15] 、 [16] 等が用いられる。

< [13] ~ [16] の解答群 >

- | | | | |
|--------|--------|--------|---------|
| ア 超音波式 | イ 熱式 | ウ 熱放射式 | エ 圧電素子 |
| オ 熱電素子 | カ 熱電対 | キ 白金線 | ク サーミスタ |
| ケ 湿度 | コ 電気抵抗 | サ 濃度 | シ 風圧 |
| ス 密度 | | | |

(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、 及び は 3 箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計 50 点)

(1) 図 1 に示すような加熱炉の燃焼制御について考える。この制御の目的は、加熱炉の温度を一定に保つことである。

1) 制御の対象である加熱炉の温度を と呼び、それを目標値と比較して、その差である をなくす方向に である燃料流量を変化させる。このような信号の流れとなる制御方式を 制御という。

〈 ～ の解答群 〉

- | | | | |
|-----------|-------------|---------|--------|
| ア 検出量 | イ 誤差 | ウ 制御量 | エ 操作量 |
| オ 動作量 | カ 偏差 | キ オフセット | ク オンオフ |
| ケ フィードバック | コ フィードフォワード | | |

2) この制御では、炉内温度調節計の出力が、燃料流量調節計の目標値となっている。このような制御を 制御という。燃料流量調節計を間に置くことにより、燃料の供給圧の変化などの燃料系に入る による影響を、加熱炉温度に影響が出る前に早く処理し、加熱炉温度を安定化できる。このような場合、炉内温度調節計を 、燃料流量調節計を と呼ぶ。

3) この制御では、燃焼空気比を一定に保ち、過剰空気量をできるだけ抑えるために、燃料流量信号が を介して燃焼用空気流量調節計の目標値となっている。この制御を 制御と呼ぶ。

4) 2) 及び 3) の 制御や 制御の のように目標値が時々刻々変化し、それに測定値を追従させる制御を一般に 制御という。これと同様の制御に、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である **12** 制御があり、金属の熱処理や、セラミックスの焼成炉の温度制御などに使用されている。この制御の実現には、予定したタイムスケジュールで目標値が変化する機能を持つ調節計として **13** を使用する。

〈 **5** ~ **13** の解答群 〉

- | | | | |
|------------|-----------|---------|---------|
| ア 一次調節計 | イ 二次調節計 | ウ 遅れ調節計 | エ 進み調節計 |
| オ プログラム調節計 | カ PID 調節計 | キ 比率設定器 | ク 遅れ要素 |
| ケ 外乱 | コ 追値 | サ 比率 | シ 不純物 |
| ス カスケード | セ シーケンス | ソ プログラム | タ セレクター |

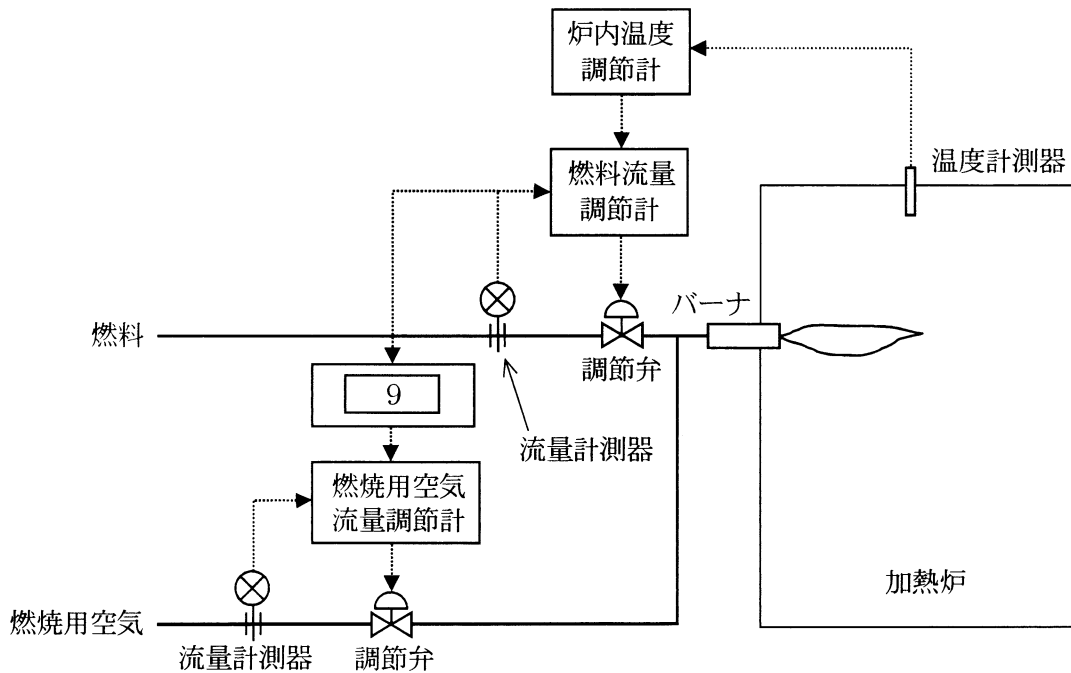


図1 加熱炉の炉温制御

問題 12 の (2) は次の 5 頁及び 6 頁にある

(2) 流量制御などの制御系の操作部として調節弁を使用することが多い。工業用に最も多く使用される渦巻ポンプを用い、横軸を流量、縦軸を圧力とした図2のポンプの流量特性曲線でその原理を示す。図は、対象となる搬送系の [14]、[15]、調節弁の圧力損失、及びそれら3つのトータルの圧力損失の線も示している。

例えば調節弁開度 80% の圧力損失曲線が A であるとする、ポンプの特性曲線と交わる点 a の流量 Q_a がその条件で流れる流量となる。一般に [15] は、[16] に比例する。

調節弁開度を小さくすると、弁による圧力損失が増加するため、圧力損失曲線は B の方向へ移動し、流量はポンプの特性曲線と交わる点 b の流量 Q_b に減少する。ただし、調節弁による圧力損失を増大させるので、その分エネルギー損失も大きくなる。

一方、最近の流量制御ではポンプの回転速度を [17] で変化させて流量を操作する回転速度制御が、省エネルギーの観点から採用されている。一般に、吐出圧は回転速度の [18] 乗に比例し、流量は回転速度の [19] 乗に比例し、ポンプの軸動力は、回転速度の [20] 乗に比例することになり、ポンプの回転速度を変化させて流体の流量を変化させれば、流体に生じるエネルギー損失は少なくなる。ただし、[14] が大きいときは、ポンプの回転速度を大幅に下げられないので、回転速度制御のメリットは相対的に少なくなる。

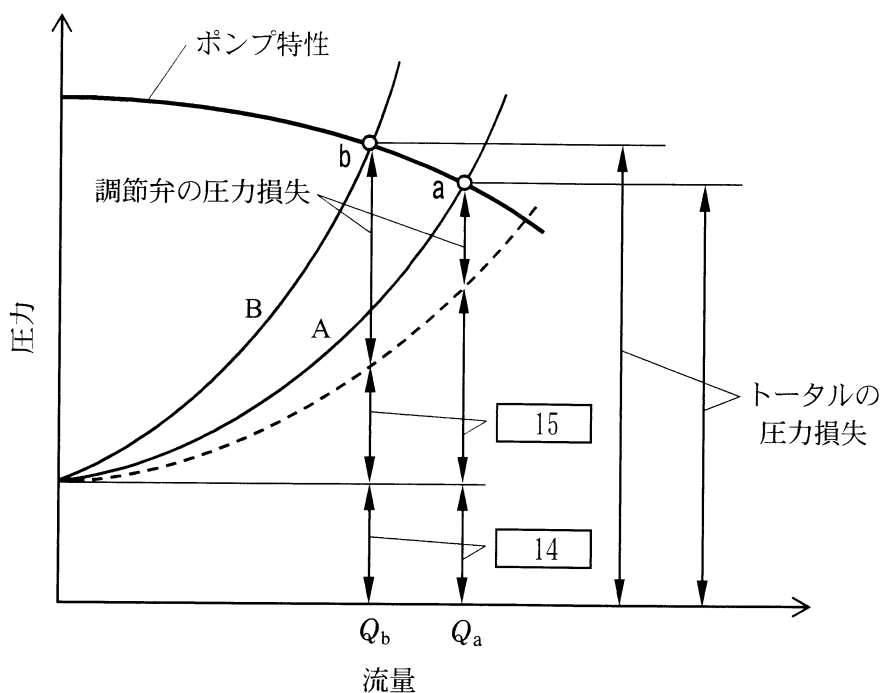


図2 ポンプの流量特性曲線

〈 14 ~ 20 の解答群 〉

- | | | | |
|---------|-----------|-----------------|---------|
| ア 静圧損失 | イ 配管の圧力損失 | ウ ポンプの圧力損失 | エ 流量の1乗 |
| オ 流量の2乗 | カ 流量の3乗 | キ 電空変換器 | ク インバータ |
| ケ コンタクタ | コ スライダック | サ $\frac{1}{2}$ | シ 1 |
| ス 2 | セ 3 | ソ 4 | |

(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) 次の各文章の [1] ~ [7] 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] は 2 箇所あるが、同じ記号が入る。

1) 水管ボイラのうち、循環ボイラはボイラ水の循環方式によって、ボイラ水と発生する蒸気の [1] によって水循環力を生じさせる [2] 循環ボイラと、水循環力を [3] によって受け持つ [4] 循環ボイラがある。

2) 一般に循環ボイラでは、蒸気ドラムの内部装置で [5] が行われ、ドラム内のボイラ水中に濃縮されたシリカなどの固形分が、ボイラ過熱器に飛散し付着することを防いでいる。10 MPa を超えるような高圧蒸気を発生させるボイラにおいては、蒸気ドラム内におけるボイラ水と蒸気との [1] が小さいため、特にこの機能が強化されている。

〈 [1] ~ [5] の解答群 〉

- | | | | |
|-----------|--------|---------|-------|
| ア 圧力差 | イ 温度差 | ウ 密度差 | エ 渦消し |
| オ 乾燥加熱 | カ 気水分離 | キ 強制 | ク 自然 |
| ケ 水頭 | コ 単純 | サ オリフィス | シ ファン |
| ス フィルタリング | セ ポンプ | | |

3) 大容量火力では高温高圧の蒸気が発電に使われるが、その高温高圧ボイラでは圧力が高くなるにしたがって水の [6] は小さくなるため、ボイラ伝熱面の吸収熱量に占める蒸発器分の割合は小さくなる。その結果、蒸発器用の水管群がなくなり、火炉水冷壁管での放射熱吸収で賄えるようになる。代わって [7] での吸収熱量の割合が増すため、その伝熱面積が増大することになる。

〈 [6] 及び [7] の解答群 〉

- | | | |
|--------|---------|-------|
| ア 過熱器 | イ 空気予熱器 | ウ 節炭器 |
| エ 蒸発潜熱 | オ 親和力 | カ 比体積 |

(2) 次の各文章の [8] ~ [11] の中に入れるべき最も適切な字句、数値又は式を [8] ~ [11] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。なお、[9] は2箇所あるが、同じ記号が入る。

1) 蒸気輸送配管は、口径を大きくすると、[8] が大きくなるばかりでなく、表面積も増大するので [9] も大きくなる。逆に口径を小さくすると、流速が増加して圧力損失が増大するので、過剰に口径を絞ると蒸気使用設備に必要な圧力の供給が困難となる。したがって、蒸気配管は、できる限り短距離となるように、かつ、[9] と圧力損失のバランスがとれた適正口径となるよう計画する必要がある。

2) 圧力損失は管内流速によって左右されるが、蒸気輸送配管計画では、次に示すように、使用する蒸気圧力に応じて適正流速範囲があるので目安にするとよい。

蒸気の管内流速 V [m/s] は、蒸気流量 G [kg/h]、蒸気の比体積 v [m³/kg] 及び管の内径 D [m] を用いて次式で表される。

$$V = \frac{Gv}{900\pi D^2}$$

速度水頭を用いた圧力損失の式にこの流速の式を代入して整理すると、蒸気配管の圧力損失は、 G 、 D 及び v を用いた式 [10] に比例する。すなわち、蒸気の比体積 v にも比例することがわかる。

3) 蒸気の比体積は高圧になるほど小さくなることから、圧力損失も小さくなるので、蒸気の圧力が高ければ高いほど、適正流速の選定範囲を高くすることができる。一般に、0.2 ~ 0.5 MPa の低圧蒸気の適正流速は圧力に応じて 15 ~ 20 m/s、0.5 ~ 4 MPa の中圧蒸気の適正流速は圧力に応じて 20 ~ [11] [m/s] が目安とされている。

< [8] ~ [11] の解答群 >

ア 設備投資	イ 騒音値	ウ 伸び差	エ 排気損失
オ 放熱損失	カ 摩耗減肉	キ $\frac{G^2v}{D^3}$	ク $\frac{G^2v}{D^4}$
ケ $\frac{G^2v}{D^5}$	コ 50	サ 100	シ 150

問題 13 の (3) は次の 9 頁及び 10 頁にある

(3) 次の各文章及び表の 12 ～ 15 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、12 及び 14 は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

また、A 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。

ボイラの燃焼室内での燃料燃焼は、適正な空気比による燃焼管理で排ガス損失を最小限に抑えることが好ましい。

いま、管理するボイラの排ガス分析を行ったところ、表に示すとおりであり、ボイラ排ガス温度が標準値より上昇していた。また、乾き燃焼排ガス中の酸素濃度（体積割合）が5.8%と高いことが分かった。このボイラの空気量調整による省エネルギー効果について考える。

表 ボイラの熱勘定に関する諸量

項目	単位	標準	現状
燃料の低発熱量	MJ/kg-f	40.2	
排ガスの平均定圧比熱	$\text{kJ}/(\text{m}^3_{\text{N}} \cdot \text{K})$	1.38	
大気温度	℃	20	
ボイラ排ガス中の酸素濃度	% (dry)	1.9 (空気比 1.1)	5.8
燃料 1 kg 当たりの排ガス量	$\text{m}^3_{\text{N}}/\text{kg-f}$	12.1	15.0
ボイラ排ガス温度	℃	150	154
ボイラ排ガス損失	%	5.4	12
燃料 1 kg 当たりのその他の熱損失	MJ/kg-f	0.8	0.8

(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] ~ [16] 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、[2] は3箇所、[7]、[8]、[12] 及び [13] は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計 50 点)

(1) 蒸気タービンの構造において、動力伝達部はロータ、軸継手などからなり、ロータには [1] が植え込まれる。発電用では、一般にロータの一次 [2] 速度と二次 [2] 速度の間に [3] 速度がくるように設計されるが、発電用火力設備に関する技術基準を定める省令に従い、[4] の作動範囲内に [2] 速度があってはならない。またケーシングは、ロータのまわりに適切に蒸気が流れる通路を形成し、極力軸対称で急激な肉厚変化がなく過大な [5] が働かないよう設計される。

< [1] ~ [5] の解答群 >

ア 静翼	イ 動翼	ウ 軸受保護装置	エ 調速装置
オ 安全	カ 危険	キ 警戒	ク 最大回転
ケ 定格回転	コ 高温腐食	サ せん断応力	シ 熱応力

(2) 内燃機関では、熱効率と共に単位質量の作動流体の行う仕事量が重要であり、有効仕事量を作動流体の [6] で除したものを [7] として機関出力の基準値とする。[8] により多量の [9] を送入すると、同容積のシリンダ内での燃焼量は増加し、[7] を高めて有効仕事量が増加できる。このように [8] の設置は、サイクル効率向上・燃費低減が図られ、確実に効果の大きい手段であるが、このとき [10] が上昇するので、各構成部材の強度、[11]、シリンダライナ、軸受などの耐久性、信頼性に影響を及ぼす。したがって、効率のよい運用のためには計画的な保守・管理が必要である。

< [6] ~ [11] の解答群 >

- | | | |
|------------|------------|------------|
| ア 空気 | イ 混合気 | ウ 蒸気 |
| エ 行程容積 | オ 全容積 | カ シリンダ最高温度 |
| キ シリンダ最高圧力 | ク シリンダ最低圧力 | ケ 平均有効圧力 |
| コ 平均有効温度 | サ EGR | シ 過給器 |
| ス 排気マニホールド | セ ジャケット | ソ ピストンリング |

(3) 発電用ガスタービンのように回転速度が [12] である一軸形ガスタービンでは、[13] を通過する空気の体積流量は常に [12] となるが、質量流量は大気温度と大気圧力によって変化する。JIS B 0128:2005 他では、ISO に準じて、標準定格出力を [13] 入口条件として、空気の温度 15℃、全圧力 101.3 kPa、相対湿度 60% における値と定めている。標準条件に対して空気温度が 30℃ まで上昇すると、出力が約 10% 低下するなど影響が生じる。この理由としては、吸気温度の上昇に伴う [14] の減少に加えて、タービンでの単位質量当たりの [15] の減少などが挙げられる。したがって、夏期に出力不足とならないようにするためには [16] の設置を検討するなどの配慮が必要である。

< [12] ~ [16] の解答群 >

- | | | | |
|----------|-------|----------|----------|
| ア 圧縮機 | イ 過給器 | ウ 吸気加熱装置 | エ 吸気冷却装置 |
| オ 排気循環装置 | カ 圧力 | キ 質量流量 | ク 体積流量 |
| ケ 一定 | コ 可変 | サ 圧縮仕事 | シ 膨張仕事 |

(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 ~ 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、 及び は 2 箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

1) 熱回収にはその目的や排ガス等の条件により、様々な形式の熱交換器が使われる。 は、高温の燃焼排ガスの を熱回収して蒸気を得る熱交換器である。この では、燃料を燃焼する場合と比べて同じ蒸気量を発生させるには、伝熱面積を くする必要があり、特にガス側の熱抵抗を小さくするため、一般に伝熱管に が用いられる。

また、燃焼排ガスで空気の予熱を行う場合、空気側と排ガス側の両方の伝熱面に を用いることでコンパクトにできる熱交換器の例として がある。

〈 ~ の解答群 〉

- | | | |
|-------------|---------------|-------------|
| ア 顕熱 | イ 潜熱 | ウ 燃焼熱 |
| エ 小さ | オ 大き | カ 排熱回収ボイラ |
| キ 回転再生式熱交換器 | ク ヒートパイプ式熱交換器 | ケ プレート式熱交換器 |
| コ アングル | サ ウィック | シ フィン付管 |
| ス セパレータ | セ レキュペレータ | |

2) 食品等の乾燥や殺菌のための加熱に熱媒体を用い、使用後の排熱の温度が高い場合、排熱回収することを検討する。例えば、蒸気を直接加熱で用いるような場合では、排蒸気に含まれる も回収することで、回収熱量が増大し、省エネルギー効果を高くすることができる。このような排熱回収に用いられる熱交換器としては、単位体積当たりの伝熱面積の大きい 熱交換器が使われることが多い。この熱交換器の排蒸気側の伝熱面は、 を伴うため 率が非常に大きい。ただし、配管経路等から熱交換器内への空気等の混入を防止し、熱交換の性能を維持する必要がある。また、乾燥材料からのダストなどを含んだ排蒸気や排ガスによる伝熱面の汚れ対策や水分以外の揮発成分などによる腐食対策も考慮する必要がある。

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|------|-------|-------|---------|
| ア 顕熱 | イ 生成熱 | ウ 潜熱 | エ 凝縮 |
| オ 蒸発 | カ 熱伝達 | キ 熱伝導 | ク 放射 |
| ケ 融解 | コ 管式 | サ 直接式 | シ プレート式 |

問題 15 の (2) は次の 17 頁にある

(2) 次の各文章の ～ の中に入れるべき最も適切な数値を ～ の解答群 > 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。

また、 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。

炉から排出される排ガスを熱交換器に導入し、洗浄温水の予熱に使用することを考える。

このとき、排ガス側は温度 300 °C、比熱 1.04 kJ/(kg·K)、密度 0.64 kg/m³、流量 60 m³/min でそれぞれ一定とする。

一方、予熱対象の温水側は熱交換器への流入温度が 20 °C、比熱 4 kJ/(kg·K)、密度 1 000 kg m³、流量 0.06 m³/min で、排ガスと同じくそれぞれ一定とする。なお、計算において、熱交換における周囲への熱損失は無視することとする。

1) 熱交換器の排ガスの出口温度が 200 °C であったときの回収熱量は [kW] である。このとき、温水は [°C] まで上昇し、温水側の温度効率 [%] になる。

2) 熱回収に代わる加熱源によって温水を予熱するとしたときの燃料消費量から、熱回収の効果について考える。

ここで、加熱源にはガス湯沸器を使用することとして、年間のガス消費量を算出する。なお、予熱量は、年間の総回収時間を 1500 時間、回収熱量を、1) で求めた回収熱量 [kW] 一定で稼働したときの総回収熱量相当とし、ガス給湯器の熱効率を 90 %、ガスの低発熱量を 41.5 MJ/m³ とする。

予熱に要する年間のガス使用量は × 10³ [m³] となり、この発熱量を原油換算エネルギー使用量で表すと、 [kL] となる。

< ～ の解答群 >

ア 5	イ 6	ウ 10	エ 12	オ 21	カ 33
キ 37	ク 53	ケ 67	コ 133	サ 620	シ 4 000

(空 白)

(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) 次の各文章の ～ の中に入れるべき最も適切な字句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。

空調方式は大きく、中央方式と個別方式に分類される。中央方式は基本的に熱源設備や空調機を機械室に集中設置する方式であり、個別方式は熱源を持った空調装置を各室・エリアごとに分散設置する方式である。

- 1) 中央方式で室内に熱を搬送する熱媒体を考えた場合、室内の換気、気流分布、空気浄化などの面で最も優れているのは 方式といえる。

この方式を用いる場合の省エネルギー手法としては、 制御が代表的である。これに伴う空調機の送風量制御の省エネルギー性は、 が最も優れ、 が最もエネルギーの損失が大きい。また、軸流送風機を用いる場合の も比較的、省エネルギー性に優れた制御方式である。

< ～ の解答群 >

ア 全空気

イ 全水

ウ 空気+水

エ 回転速度制御

オ 可変ピッチ制御

カ 吸込みベーン制御

キ 吹出しダンパ制御

ク CAV

ケ CWV

コ VAV

サ VWV

2) 個別方式はパッケージ方式とも呼ばれ、各室個別の運転によりエネルギーの無駄が少なく、取り扱いも容易なため、採用事例が増えている。

機器本体の省エネルギー性能の指標としては、 を示す COP が従来から用いられている。冷房時（冷凍サイクル）の COP_c と暖房時（ヒートポンプサイクル）の COP_H の値は、温度条件等によって変化又は一定を保つ傾向にある。例えば、他の条件を変えずに室内温度を高く設定した場合は、 COP_c は 。また、他の条件は変わらずに外気温が上昇した場合は、 COP_H は 。

最近では、COP 以外に を示す APF もよく用いられる。

< ~ の解答群 >

- ア 向上する
- イ 低下する
- ウ 変わらない
- エ 年間のエネルギー消費効率の目安
- オ 冷房シーズンの電力消費量の目安
- カ 一定条件下での冷暖房の能力と消費電力との比率
- キ 冷房能力と暖房能力の比率

問題 16 の (2) は次の 21 頁及び 22 頁にある

(2) 次の各文章の 10 ~ 15 の中に入れるべき最も適切な数値をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。

図は、夏の室内条件を一般空調で温度 26℃、相対湿度 50% に設定した場合と、省エネルギーに配慮したクールビズ空調で、温度 28℃、相対湿度 50% とした場合の冷房時の空気の状態変化を空気線図上に示したものである。なお、空気の密度は 1.2kg/m^3 、空気の比熱は $1.0\text{kJ/(kg}\cdot\text{K)}$ とする。

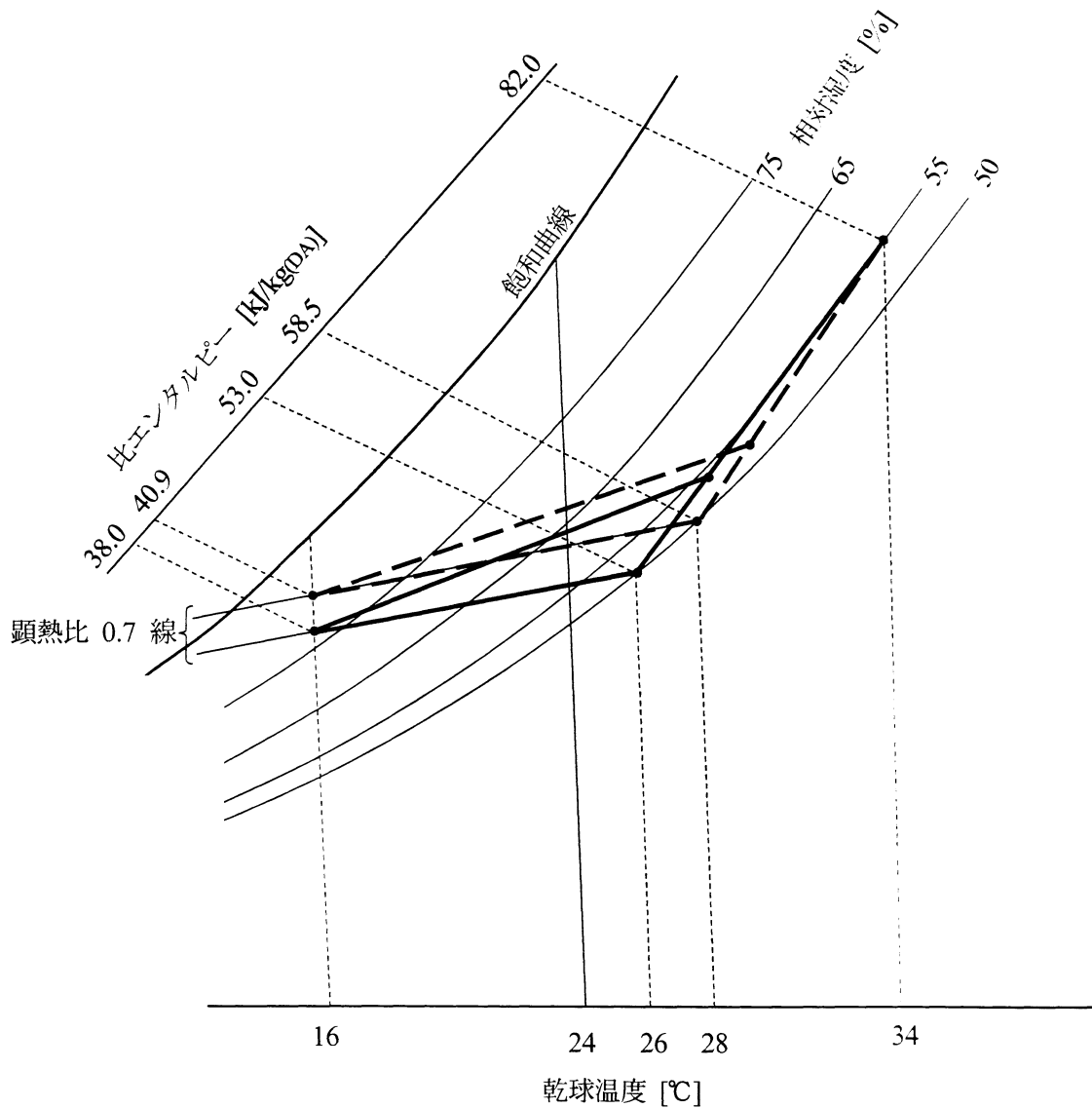


図 湿り空気線図上の空調プロセス

1) 室内空気の比エンタルピーは、一般空調時は [kJ/kg(DA)]、クールビズ空調時には [kJ/kg(DA)]であることを図から読み取ることができる。

2) ここで、室内の空気よりも外気のエンタルピーが小さな場合に自然通風を行い、室内の負荷を除去することを考える。

外気温度が24℃のとき、相対湿度が であれば、どちらの室内条件でも自然通風が省エネルギー上有効であるが、相対湿度が の場合には、クールビズ空調の場合にのみ有効で、一般空調条件では逆に室内負荷が増加する結果となってしまうと考えられる。

< ~ の解答群 >

ア 55%	イ 65%	ウ 75%	エ 38.0
オ 40.9	カ 53.0	キ 58.5	ク 82.0

3) また、一般空調時の室内負荷(全熱)が18000kJ/h、顕熱比が0.7のとき、乾球温度16℃の空調空気で冷房して室内の負荷を処理するための送風量は、 [m³/h]となる。同様に、クールビズ空調時の室内負荷(全熱)を17000kJ/h、顕熱比を0.7、空調空気の乾球温度を16℃としたときの送風量を求めると、一般空調時の約 割の風量で冷房可能なことが分かる。

< 及び の解答群 >

ア 6	イ 7	ウ 8	エ 9	オ 800	カ 1000	キ 1200
-----	-----	-----	-----	-------	--------	--------

(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) 次の各文章及び表の ~ 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) 工業炉の性能を表す尺度の一つに熱効率があり、次式で示される。

$$\text{熱効率} = \frac{\text{}}{\text{供給熱量}} \times 100 [\%]$$

熱効率を高めるには、供給熱量をいかに無駄なく被加熱物に移行させるかが課題であり、最少の供給熱量で目的を達成するためにも、さまざまな省エネルギー対策が不可欠である。

工業炉の省エネルギーは、次の三つの段階、すなわち の管理・改善、設備の改善、 の抜本的改革、の順を追って進められ、段階ごとにそれぞれの工夫が必要である。

管理者は、まずは炉の 表を作成することにより主要管理項目の数値を把握し、諸条件の変化に伴う表中の諸数値の変化を読み取り、以下に示すような省エネルギー対策を考えることが重要である。

- ・ 燃焼空気比を適正に保つなどの燃焼の
- ・ 排熱の回収による燃焼用空気の予熱
- ・ 炉壁 の低減
- ・ 加熱負荷の改善やヒートパターンの改善
- ・ の抜本的改革 など

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|--------------|------------|--------|--------|
| ア 被加熱物の全保有熱量 | イ 被加熱物の発熱量 | | |
| ウ 被加熱物が得た熱量 | エ 合理化 | | |
| オ 最少化 | カ 見える化 | キ 試作工程 | ク 生産工程 |
| ケ 保全工程 | コ 検査 | サ 重量 | シ 仕様 |
| ス 操業 | セ 熱勘定 | ソ 熱損失 | タ 付属物 |
| チ 物質収支 | ツ 部品 | | |

2) 次の各表は代表的な工業炉として鋼片加熱炉を取り上げ、その省エネルギー対策例を簡潔に語句で示したものである。

① 加熱量・熱損失の低減

分類	目的	省エネルギー対策例
鋼材顕熱の低減	加熱量の減少	ホットチャージ
	抽出温度の低減	圧延ラインの <input type="text" value="7"/>
	スキッドマークの低減	スキッドビームシフト
	炉内温度の <input type="text" value="8"/>	高速バーナの使用
排ガス損失熱の低減	適正空気比の維持	<input type="text" value="9"/> クロスリミット化
	排ガス量の低減	酸素燃焼 酸素富化燃焼
	侵入空気、炉体ガス吹き出しの低減	<input type="text" value="10"/>
	炉尻排ガス温度の低減	ヒートパターンの改善
炉体の放散熱及び冷却水損失熱の低減	放熱量の低減	セラミックファイバー化 移動ビームポストカバー
	炉体 <input type="text" value="11"/> の低減	セラミックファイバー化

< ~ の解答群 >

- | | | |
|-------------------------|--------------|------------|
| ア O ₂ 制御の自動化 | イ 定格空気量運転の維持 | ウ 余剰燃料の適正化 |
| エ 炉体開口部の適正化 | オ 燃焼空気圧制御 | カ 炉内圧力制御 |
| キ 過熱化 | ク 均一化 | ケ 高速化 |
| コ 最低化 | サ 長大化 | シ 標準化 |
| ス 耐熱温度 | セ 蓄熱量 | ソ 内容量 |

問題 17 の (1) 2) ②及び (2) は次の 25 頁及び 26 頁にある

② 排熱の回収・その他

分類	目的	省エネルギー対策例
排熱の回収	燃焼用空気の予熱	レキュペレータ
		12 バーナ
	蒸気生成	排熱回収装置
電力の削減	抵抗損失の低減	配線の最適化
	13	進相コンデンサー
	負荷の低減	油圧シリンダバイパス
	ファンモータ動力の低減	14 制御
コンピュータ制御	操業パターン追随	レベルⅡ

〈 12 ~ 14 の解答群 〉

- | | | |
|---------|---------|-------------|
| ア 蓄熱燃焼式 | イ 需要率向上 | ウ 電圧不平衡の改善 |
| エ 力率向上 | オ 低 NOx | カ ラジアントチューブ |
| キ オンオフ | ク PID | ケ VVVF |

(2) 次の各文章の [15] ~ [20] 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、[15] は3箇所あるが、同じ記号が入る。

1) 1000℃を超える高温の工業炉において炉体熱放散防止に関する省エネルギーを考える場合、現在では、炉体材料としてまず第一に無機ファイバー耐火断熱材の採用を考え、それが不適当なときには [15] の採用、更に重質耐火材の採用を考えることが順当とされている。

物理的、耐火強度を必要とする高温炉では、第1層を重質耐火材で築炉し、省エネルギーの観点から第2層以下の [16] 断熱として、[15] が使用されることが多い。この [15] 材料を使用するに際しては、次の2)に示す注意が必要である。

< [15] 及び [16] の解答群 >

- | | | |
|-----------|----------|-----------|
| ア 耐火断熱レンガ | イ キャスタブル | ウ バックアップ |
| エ バックステー | オ バックリング | カ プラスティック |

2) 材料の加熱時の収縮が問題とされ、種類によっては使用温度が制限されることもある。さらに、多孔質のために [17] は良好ではあるが [18] が低く、急熱急冷に耐え切れず亀裂や剥離を生じることを考慮しておかなければならない。

また、通気性が良いので、雰囲気ガス中の [19] や H_2 の浸透によるシリカの [20] で SiO を生成し、これが蒸発して耐火材本体を崩壊させるなどの事態が起こることがあるので、雰囲気炉に使用する場合には注意が必要である。

< [17] ~ [20] の解答群 >

- | | | | |
|-------|-------|-------------|---------|
| ア 還元 | イ 酸化 | ウ 重合 | エ 強度 |
| オ 延性 | カ 加工性 | キ 耐熱スポーリング性 | ク 粘性 |
| ケ 搬送性 | コ 反応性 | サ CO | シ N_2 |

(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 1 ~ 8 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、1、5 及び 6 は 2 箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

図に示すような多段連続精留塔がある。この精留塔は、低沸点成分の組成が z_F である混合溶液をモル流量 F [mol/s] で供給し、塔頂から低沸点成分の組成が x_D の溜出液 D [mol/s]、塔底から低沸点成分の組成が x_W の缶出液 W [mol/s] を得るものとする。また、塔頂からの凝縮液の一部 L [mol/s] を塔内に戻している。

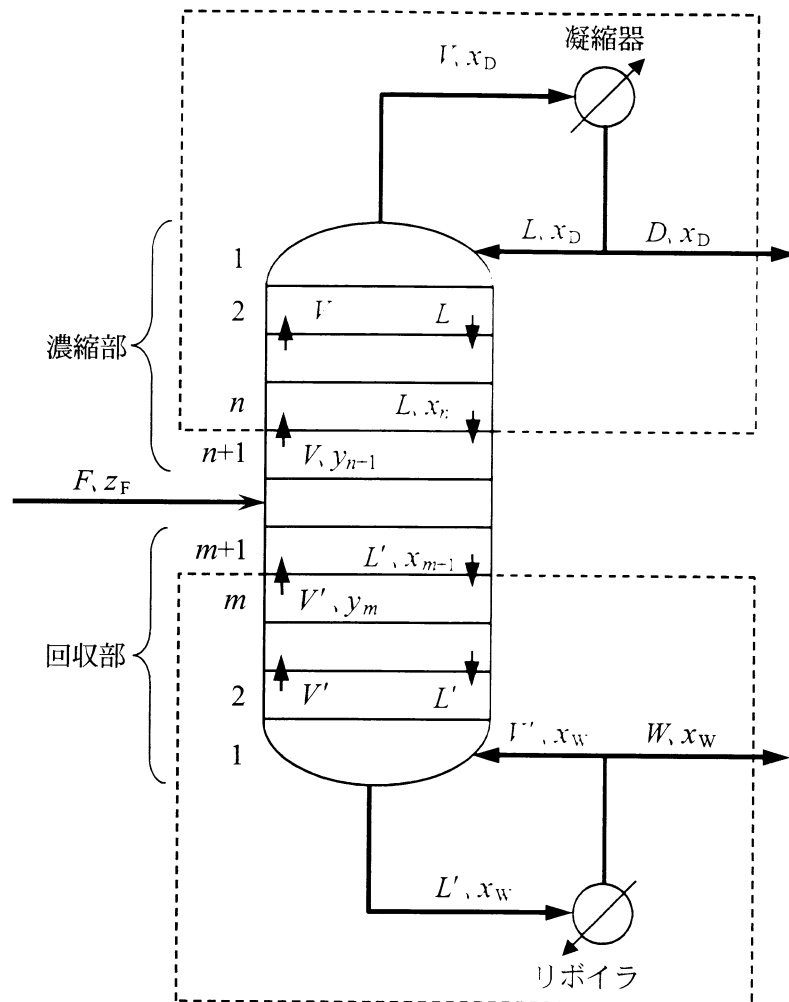


図 多段連続精留塔

1) 図に示すように、塔頂からの凝縮液の一部 L [mol/s] を塔内に戻すことを 1 といい、モル流量比 $R = \frac{L}{D}$ を 2 を 1 比という。

< 1 及び 2 の解答群 >

- | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ア 回収 | イ 還流 | ウ 循環 | エ 精留 |
| オ $\frac{L}{D}$ | カ $\frac{D}{W}$ | キ $\frac{L}{F}$ | ク $\frac{W}{L}$ |

2) 精留塔全体の全物質及び低沸点成分の物質収支は、それぞれ次の①式及び②式で表される。

全物質の物質収支： 3 = $D + \text{span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">4$ ①

低沸点成分の物質収支： $F \times z_F = D \times x_D + W \times x_W$ ②

3) 精留塔において、上段の液は、下段からの蒸気の凝縮潜熱で沸騰し、新たな蒸気を発生するので、両成分のモル蒸発潜熱が等しいと仮定すると、濃縮部各段での発生蒸気量 V [mol/s] と下降液量 L [mol/s]、回収部各段での発生蒸気量 V' [mol/s] と下降液量 L' [mol/s] は、濃縮部及び回収部ごとにそれぞれ等しい。

図中の上部の濃縮部を含む点線で囲まれた部分において、 n 段目の蒸気組成を y_n 、液組成を x_n とすると、 n 段では一段下から蒸気組成 y_{n+1} の蒸気が流入し、液組成 x_n の凝縮液が下の段に流出するので、濃縮部を含む点線で囲まれた部分における全物質及び低沸点成分の物質収支はそれぞれ次の③式及び④式で表される。

全物質の物質収支： 5 = 6 + D ③

低沸点成分の物質収支： 5 $\times y_{n+1} = \text{span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">6$ $\times x_n + D \times x_D$ ④

③式及び④式、更には 1) で求めた流量比 R を用いると、

$$y_{n+1} = \text{span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">7} \times x_n + \text{span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">8} \times x_D$$

が得られ、これを濃縮部操作線又は濃縮線という。

< 3 ~ 8 の解答群 >

- | | | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| ア F | イ L | ウ R | エ V | オ W |
| カ $\frac{R+1}{R}$ | キ $\frac{R-1}{R}$ | ク $\frac{1}{R+1}$ | ケ $\frac{R}{R+1}$ | コ $\frac{R-1}{R+1}$ |

問題 18 の (2) 及び (3) は次の 29 頁及び 30 頁にある

(2) 次の各文章の 9 ～ 13 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、9、10、12 及び 13 は 2 箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

1) 材料の含有水分の量を表すのに、全質量に対する水の量で表示する 9 基準と、乾燥状態の材料の質量に対する水の量で表示する 10 基準とがある。

2) 9 基準の含水率 w_w [kg-水/kg-湿り材料] と、10 基準の含水率 w_d [kg-水/kg-無水材料] の間には次の関係式が成り立つ。

$$w_d = \text{11}$$

〈 9 ～ 11 の解答群 〉

ア 乾量	イ 湿量	ウ 定量	エ $\frac{w_w}{1+w_w}$
オ $\frac{1}{1-w_w}$	カ $\frac{w_w}{1-w_w}$	キ $\frac{1+w_w}{1-w_w}$	

3) 非親水性材料の場合、多孔質固体内部の細孔や微粒子充填層の空隙中に、水の表面張力に基づく毛管吸収力によって水が保持される。これを 12 水という。乾燥の初期では、12 水が液状水として表面まで移動し表面から蒸発していくが、次第に材料内部からの水の補給が間に合わなくなり、空隙に 13 水が残されるようになる。この残った水はもはや液状では移動できず、材料温度が上昇し始める減率乾燥期間が始まる。減率乾燥期間中、13 水は、内部で蒸発し、細孔内を蒸気が拡散して表面へと移動していく。

〈 12 及び 13 の解答群 〉

ア 吸収	イ 吸着	ウ 結合
エ <small>けんちょう</small> 懸吊	オ 付着	カ 毛管

(3) 次の文章の ～ の中に入れるべき最も適切な数値又は式をく ～ の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

石炭ガス化の主反応は、式 で示される水性ガス反応である。この反応は大きな吸熱反応であるため、この反応熱を、ガス化炉に空気又は酸素を吹き込み、石炭の一部を燃焼させることによって供給する。

このとき、空気を用いると発熱量が [MJ/m³_N] 程度のガス化ガスが得られる。空気の代わりに酸素を用いた場合は、発熱量が [MJ/m³_N] 程度のガス化ガスが得られ、さらに、このガスからガス中の二酸化炭素を分離・除去すれば、発熱量が [MJ/m³_N] 程度のガス化ガスとなる。

また、酸素及び水蒸気をガス化剤として用いてガス化したガス化ガスを、式 で表される CO 変成（シフト）反応で生成ガス中の $\frac{H_2}{CO}$ 比が 3 以上になるように調整し、二酸化炭素除去後、さらに、一酸化炭素を式 で示されるメタネーション（メタン化反応）によりメタンに転換すると、発熱量が [MJ/m³_N] 程度の合成天然ガスとなる。

< ～ の解答群 >

- | | | |
|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| ア $C + CO_2 \rightarrow 2CO$ | イ $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$ | ウ $CO + 3H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$ |
| エ $CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$ | オ $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$ | カ 2 |
| キ 5.4 | ク 10.5 ～ 13 | ケ 17 |
| コ 34 ～ 38 | | |

(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、計算をとま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。

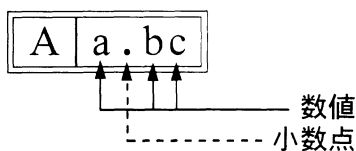
- (2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、解答すべき数値の桁数が同じ場合は、四捨五入後の数値ではなく、四捨五入する前の数値を用いて計算すること。

- (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)

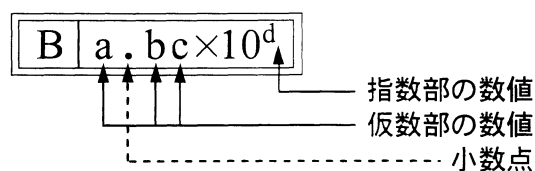
「6.83」に
マークする



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