



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	9～14 ページ

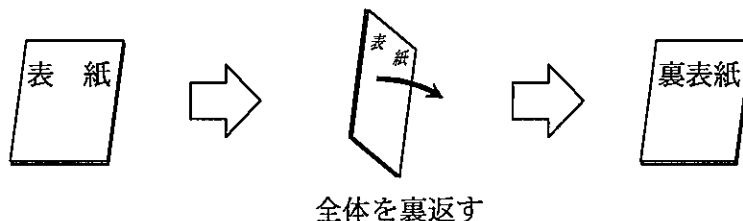
以下の問題15から問題18までは、4問題中2問題を選択して解答すること。

選択 問題15	熱交換器・熱回収装置	} 2問題を選択	17～20 ページ
選択 問題16	冷凍・空気調和設備		21～24 ページ
選択 問題17	工業炉、熱設備材料		25～27 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		29～33 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 ~ の中に入れるべき最も適切な字句、数値又は記述を
〈 ~ 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。

物体の電気抵抗が温度によって変化する性質を利用した温度計は、抵抗温度計と呼ばれる。
この温度計に用いられる金属の抵抗体には、、ニッケルや銅などがある。これらのう
ち、JIS C 1604-1997 に規格化されている測温抵抗体である の電気抵抗は、温度の上
昇に対してほぼ し、その比例係数は温度係数と呼ばれる。また、 を用いた抵
抗温度計の使用温度範囲は [°C] 程度である。一方、JIS C 1611-1995 に規格化されて
いるサーミスタの測温体は、金属の酸化物から成り、この使用温度範囲は [°C] 程度で
ある。

〈 ~ の解答群〉

- | | | |
|--------------|---------------|-------------|
| ア -200 ~ 850 | イ -200 ~ 1200 | ウ -50 ~ 350 |
| エ 0 ~ 350 | オ 白金 | カ アルミニウム |
| キ バイメタル | ク 単調に減少 | ケ 直線的に増加 |
| コ 指数関数的に増加 | | |

- (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。

2種類の異なる金属線の両端を電氣的に接続して閉回路をつくり、両端を異なる温度に保つ
と、回路中に熱起電力が生じ電流が流れる。この現象を 効果という。熱電対はこの
現象を利用している温度計である。

実際の温度測定に際して、この金属線間に生じた熱起電力による電圧信号を熱電対と同等の
特性で受信計器に伝える には、熱電対と同じ線材を用いた 形と、別種の
線材を用いた 形とがある。

< 5 ~ 8 の解答群 >

- | | | |
|-------------|-------------|----------|
| ア エクステンション | イ コンペンセーション | ウ ホットワイヤ |
| エ ジュール・トムソン | オ ゼーベック | カ ペルチェ |
| キ 同軸ケーブル | ク 補償導線 | ケ 保護管 |

(3) 次の文章の 9 ~ 12 の中に入れるべき最も適切な字句又は式を 9 ~ 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。

電磁流量計の測定原理は 9 に関する 10 の法則に基づいている。例えば、直径 D の円管内を水が平均流速 v で流れており、その管路の途中に電磁流量計を設置したとする。流量計内部の励磁コイルに電流を流すことにより、管軸に対して 11 方向に磁束密度 B の磁界を発生させると、流れと磁界の方向軸で形成する面に対して 11 方向に電圧 E が生じる。これらの関係は次のようになる。ただし、 k は比例定数である。

$$E = kBDv$$

したがって、体積流量 Q は次式で表される。

12

すなわち、電圧 E を測定すれば Q が算定される。

< 9 ~ 12 の解答群 >

- | | | |
|----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| ア $Q = \frac{\pi DE}{4kB}$ | イ $Q = \frac{\pi E^2}{4k^2 B^2 v}$ | ウ $Q = \frac{\pi E^2}{4k^2 B^2}$ |
| エ キルヒホッフ | オ ファラデー | カ ランキン |
| キ 平行な | ク 逆向きの | ケ 直角 |
| コ 電磁誘導 | サ 電磁波加熱 | シ 静電誘導 |

問題 11 の (4) は次の 3 頁にある

(4) 次の文章の 13 ~ 16 の中に入れるべき最も適切な字句を 13 ~ 16 の解答群> から選び、その記号を答えよ。

流れの中に柱状物体を置くと、物体の下流側で、2列の渦が安定して交互に発生する場合がある。この渦は 13 渦と呼ばれる。流れの 14 数が $10^3 \sim 10^5$ のような広い流量範囲で、この渦の発生周波数、流速、及び柱状物体の 15 とで定義される無次元量、すなわち、16 数が、ほぼ一定値になることが分かっている。したがって、渦の周波数を測定すれば流量を求めることができる。渦流量計は、このことを利用した計器である。

< 13 ~ 16 の解答群 >

- | | | |
|--------|----------|--------|
| ア カルマン | イ ストローハル | ウ ヌセルト |
| エ ランキン | オ レイノルズ | カ ゲルトラ |
| キ 密度 | ク 体積 | ケ 代表寸法 |

(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。なお、同じ記号を 2 回以上使用してもよい。

図 1 は流入水を蒸気で加熱する温水製造装置である。蒸気流量を操作して、温水温度を目標温度で一定に保つような制御を行っている。蒸気流量一定で、タンクへの流入水の流量や温度に変化が生じると温水温度は乱される。制御量である温水温度を乱すこれらの要因を外乱と呼ぶ。この制御システムでは、制御量である温水温度の変化を測定し、その値と温度目標値との差である [1] を求め、それが解消するように蒸気流量を操作する。このように制御する方式を [2] 制御という。

温水温度を一定とする制御としては、温水温度調節計から直接、蒸気流量調節弁を操作する方法もあるが、図 1 では、温水温度調節計と蒸気流量調節弁の間に蒸気流量調節計が設けられている。この方法では、温水温度調節計からの [3] が蒸気流量調節計の目標値を与えている。この温水温度調節計と蒸気流量調節計の構成を、[4] 制御という。ここで、温水温度調節計を [5] 、蒸気流量調節計を [6] と呼ぶ。

このように蒸気流量調節計を間に入れる目的は、蒸気系の元圧変化などの外乱を吸収することにより、温水温度の乱れがないようにするためである。

外乱が制御量に与える影響が分かっているならば、外乱を測定してそれにより直接 [7] を変化させた方が、早く修正動作を行うことができる。図 1 は、流入水の流量の変化に対して、蒸気流量を直接操作する制御の例である。このような制御方式を [8] 制御という。

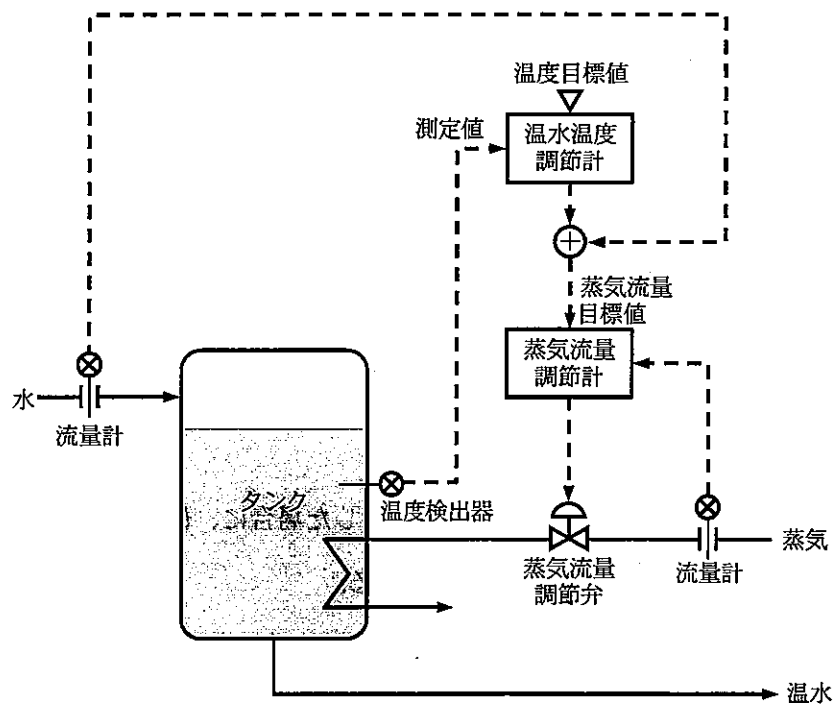


図1

< 1 ~ 8 の解答群 >

- | | | |
|-----------|---------|-------------|
| ア カスケード | イ シーケンス | ウ フィードフォワード |
| エ フィードバック | オ プログラム | カ 比率 |
| キ 誤差 | ク 偏差 | ケ 操作量 |
| コ 検出量 | サ 動作量 | シ 一次調節計 |
| ス 二次調節計 | セ 正調節計 | ソ 副調節計 |

問題 12 の (2) は次の 7 頁及び 8 頁にある

(2) 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。また、 に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。

1) 調節計の制御アルゴリズムとして、プロセス制御ではPID制御アルゴリズムが適用されることが多い。

PID制御のP動作とは のことで、偏差に比例した値を出力する。P動作の調整パラメータ K は 、あるいは%表示の とも呼ばれ、一般に PB で表される。また、両者には式 の関係がある。

制御アルゴリズムとしてP動作だけを使用した場合に、偏差がいつまでも零にならない定常偏差である が生じることがある。

図1の温水温度調節計においてP動作のみの調節計を適用した場合の特性を、図2に示す。ここで、目標値が70℃、偏差零のときの調節計出力が50%、測定値及び目標値のスペンが0℃から100℃であるとする。ある運転条件のとき、温水温度調節計の出力が70%でバランスしたとする。このとき、 $(出力) = -\left(\frac{100}{PB}\right) \times (偏差) + (偏差零のときの調節計出力)$ の関係式から、 PB が25%とすると、定常偏差はマイナス [℃] 生じることになる。

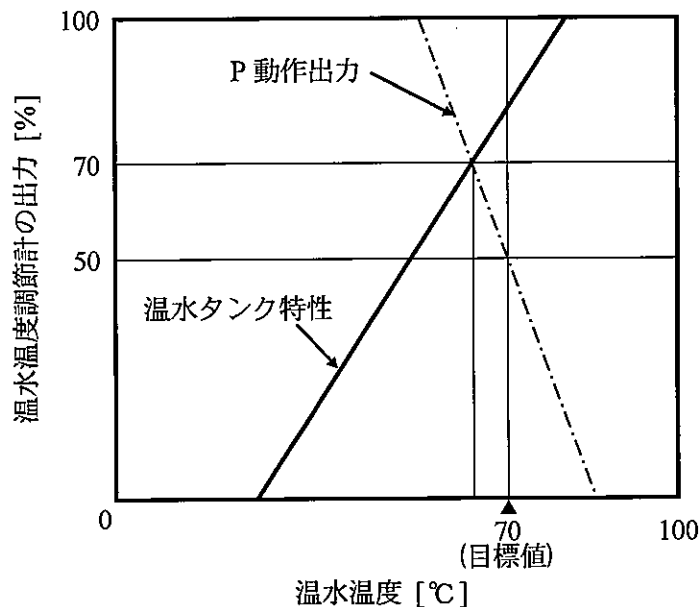


図2

< 9 ~ 13 の解答群 >

- | | | |
|----------------------|------------------------|---------------|
| ア オフセット | イ バイアス | ウ ヒステリシス |
| エ $PB = \frac{1}{K}$ | オ $PB = \frac{100}{K}$ | カ $PB = 100K$ |
| キ 比例動作 | ク 比例ゲイン | ケ 比例帯 |

2) 定常偏差は、制御アルゴリズムにI動作を加え、PI制御にすることにより解消される。この調整パラメータ T_i は 14 と呼ばれ、それを 15 していくと、定常偏差は早く解消できる。

D動作は、大きな変動があった場合に、その影響を早くなくすために、制御量の変化速度に比例した値を出力するもので、その調整パラメータ T_d は 16 と呼ばれる。

以上のPID制御をラプラス変換を用いて伝達関数として表すと、式 17 となる。

< 14 ~ 17 の解答群 >

- | | | |
|--|--|--|
| ア $K \left(1 + \frac{1}{T_d s} + T_i s \right)$ | イ $K \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$ | ウ $K \left(\frac{1 + T_d s}{1 + T_i s} \right)$ |
| エ $K \left(\frac{1 + T_i s}{1 + T_d s} \right)$ | オ 大きく | カ 小さく |
| キ 積分時間 | ク 微分時間 | ケ むだ時間 |
| コ 時定数 | | |

(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)

(I) 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、同じ記号を 2 回以上使用してもよい。

ボイラに投入された熱量のうち、蒸気の発生に有効利用されなかった熱量を損失熱量という。この損失熱量を把握することが、ボイラ効率を管理することやボイラ効率向上対策を検討する上で、大変重要となる。JIS B 8222-1993 に規格化されている陸用ボイラ熱勘定方式によると、このボイラ熱損失の主な項目(低発熱量基準)には次の①～⑤に示すようなものがある。

① 排ガス熱損失

排ガス熱損失は、排ガスがボイラを出るときに持つ による損失熱である。排ガス熱損失が増加する場合、何らかの原因で排ガス量が増加するか、排ガス温度が上昇することになるので、この状況では次のような項目を疑ってみると良い。

- ・必要以上に がボイラに投入されていないか。
- ・炉内が燃焼灰で汚損されていないか。
- ・ボイラの伝熱管内面に が厚く付着していないか。

② 不完全燃焼による熱損失

不完全燃焼による熱損失は、燃焼不良が生じて排ガス中に未燃分が排出される損失で、排ガス中に が検出されることが多い。

③ 燃えがら中の未燃分による熱損失

燃えがら中の未燃分による熱損失は、重油などの液体燃料や石炭などの固体燃料を燃焼した際に発生するもので、 不足などによる燃焼不良が生じると増加する。

< ～ の解答群 >

- | | | | |
|---------|-------------------|-------------------|-------------------|
| ア CO | イ CO ₂ | ウ NO _x | エ SO _x |
| オ 拡散 | カ 水分 | キ 潜熱 | ク 顕熱 |
| ケ 燃焼用空気 | コ 再循環ガス | サ 放射伝熱面 | シ スケール |
| ス 油膜 | セ 清缶剤 | | |

④ 放散熱による熱損失

放散熱による熱損失は、ボイラ本体などの外表面などから、外気との温度差で放散される熱損失で、 や、この耐用年数を左右する が脱落や劣化をしていると増加する。

⑤ その他の熱損失

その他の熱損失として、ボイラ水のブローやドレンの排出、蒸気の漏えいなどによって失われる熱損失が挙げられる。中・大型ボイラでは、ボイラ水の連続ブロー水を で蒸発させ、その蒸気を脱気器の熱源として熱回収する例もある。

①～⑤の熱損失の中で、最も大きなものは一般に であり、その熱回収のため、特に中・大型ボイラでは や が設置されている例が多い。

< ～ の解答群 >

- | | |
|---------------|-------------------|
| ア グリース | イ シール板 |
| ウ スチームコンバータ | エ エコノマイザ |
| オ フラッシュタンク | カ ドラム |
| キ 空気予熱器 | ク 過熱器 |
| ケ 再熱器 | コ 排ガス混合器 |
| サ 外装材 | シ 保温材 |
| ス 排ガス熱損失 | セ 放散熱による熱損失 |
| ソ 不完全燃焼による熱損失 | タ 燃えがら中の未燃分による熱損失 |

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 及び の中に入れるべき最も適切な数値を 及び の解答群> から選び、その記号を答えよ。

400 t/h の過熱蒸気を発生するボイラがあり、このボイラの燃料消費量が 28 000 kg/h である。燃料の低発熱量が 41.0 MJ/kg、ボイラ入口給水の圧力と温度が 13 MPa と 200 °C、ボイラ出口蒸気の圧力と温度が 12 MPa と 543 °C であるとき、表の数値を用いて、ボイラ効率(低発熱量基準)を計算すると、 [%] となる。ただし、有効出熱は蒸気発生分のみで、入熱は燃料からのみ供給されるものとする。

また、このボイラから蒸気タービンへ過熱蒸気を供給することを考え、蒸気タービンまで蒸気配管を施設した。蒸気タービン入口では、蒸気圧力の低下は無視できるほどであったが、蒸気温度は 3 °C 低下していた。このとき、表の数値を用いて、ボイラへの入熱に対するこの蒸気配管からの放熱損失の割合を求めると、 [%] 程度となることが分かる。

圧縮水及び過熱蒸気表(抜粋)

圧力 [MPa]	温度 [°C]	比エンタルピー [kJ/kg]
13	200	857.2
12	540	3 455.8
12	543	3 463.6

< 及び の解答群 >

ア 0.20 イ 0.27 ウ 0.34
 エ 88.8 オ 90.8 カ 92.8

(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。

ボイラのような燃焼設備において、燃料の燃焼に伴って排出される粒子状物質をばいじんという。ばいじんには、 と、燃料中の などがある。ばいじんの中で、粒径 [μm] 以下の浮遊粒子状物質は とも呼ばれ、人体の呼吸器に悪い影響を与えるとして問題となっている。

< ～ の解答群 >

ア 1	イ 10	ウ 100	エ シリカ
オ SPM	カ すす	キ 灰分	ク 揮発分
ケ 鉄分	コ 砂塵 ^{まじん}	サ 懸濁物質	

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

ガスタービンの理論サイクルは [1] サイクルである。[1] サイクルの熱効率は [2] のみの関数で表されるが、実際のガスタービンでは、圧縮、膨張の両過程とも等エントロピー変化ではなく [3] 比の影響も受ける。すなわち、適当な [2] の採用を前提として、熱効率はタービンの [4] の [5] に伴い増加する。このため、商用ガスタービンの進歩には、タービン翼に適用する [6] などに優れた材料の開発と、燃焼器やタービン翼の [7] 効果を高める技術開発が重要である。

< [1] ~ [7] の解答群 >

ア オットー	イ ブレイトン	ウ ランキン	エ 入口圧力
オ 出口圧力	カ 入口温度	キ 高温強度	ク 低温脆性 ^{ぜいせい}
ケ 圧力比	コ 比熱比	サ 最高最低温度	シ 加熱
ス 燃焼	セ 冷却	ソ 下降	タ 上昇

- (2) 次の文章の [8] ~ [14] の中に入れるべき最も適切な字句を < [8] ~ [14] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

ガスタービンの環境問題としては、主に騒音と排気ガスによる大気汚染がある。ガスタービン本体の騒音は、主として本体の防滴、危険防止も兼ねた防音 [8] により低減しており、吸排気ダクトには [9] を設置して対処している。ガスタービンの排気ガスによる大気汚染のうち、主なものは窒素酸化物 (NO_x) と硫黄酸化物 (SO_x) である。NO_x の発生率が大きくなる雰囲気条件は、火炎温度が [10] こと、[11] 濃度が高いこと、燃料中の窒素分が多いことなどである。一般の天然ガスを燃料とするガスタービンでは、燃料中の窒素が関与して発生する [12] NO_x はわずかである。[13] NO_x を低減する方法には、乾式低 NO_x 燃焼器を用いた希薄 [14] 燃焼による方法などがある。

< 8 ~ 14 の解答群 >

- | | | |
|------------|-----------|---------|
| ア アキュムレータ | イ エンクロージャ | ウ サイレンサ |
| エ ターボチャージャ | オ サーマル | カ フューエル |
| キ 酸素 | ク 窒素 | ケ 二酸化炭素 |
| コ 高い | サ 低い | シ 拡散 |
| ス 予混合 | | |

(3) 次の文章の 15 ~ 18 の中に入れるべき最も適切な数値を < 15 ~ 18 の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

蒸気タービンの一つの段が分担する断熱熱落差(可逆変化の場合の熱落差)は、ノズル部分と回転羽根部分における断熱熱落差を加えたものである。このうち、回転羽根部分が分担する断熱熱落差の占める割合を反動度という。段落数1段の蒸気タービン入口(ノズル入口)蒸気の比エンタルピーが3141 kJ/kgであるとする。この蒸気タービンの外部損失は無視できるものとし、内部効率が80%、反動度が40%、全断熱熱落差が100 kJ/kgであるとき、ノズル部分における断熱熱落差は 15 [kJ/kg] である。このとき、実際の蒸気タービン出口(回転羽根出口)蒸気の比エンタルピーは 16 [kJ/kg] である。この蒸気タービンの軸出力が1500kWであれば、蒸気流量は 17 [kg/h] である。また、発電機効率を100%とするとき、蒸気消費率は 18 [kg/(kW·h)] である。

< 15 ~ 18 の解答群 >

- | | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| ア 40 | イ 45 | ウ 50 | エ 55 |
| オ 60 | カ 80 | キ 3016 | ク 3041 |
| ケ 3061 | コ 6950 | サ 63500 | シ 65500 |
| ス 67500 | セ 69500 | | |

(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)

(i) 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、同じ記号を 2 回以上使用してもよい。

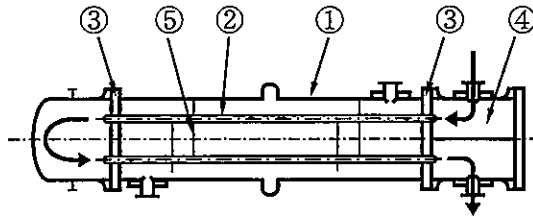
1) 熱交換器は、加熱媒体と被加熱媒体の間で伝熱操作を行うための装置であり、形、用途、熱媒体などにより種々の呼び名がある。また、同じ用途であっても、使用する媒体や容量などで様々な形態の熱交換器が使われる。例えば、ボイラで高温の排ガスの熱を回収して温水を得る装置は、一般に と呼ばれている。この中で、重質油の燃焼排ガスなどにも用いられる 方式の熱交換器は、作動流体を介して排ガス側と給水側を熱交換するもので、作動流体の選択によっては、排ガス側の伝熱管の温度を より高く設定することで腐食に配慮できるなどの特徴がある。

また、工業炉などの燃焼用空気を予熱する機能を持つ熱交換器は と呼ばれており、同様に様々な形態の熱交換器が使われている。

< ～ の解答群 >

ア エゼクタ	イ エコノマイザ	ウ ドライスキッド	エ ヒートパイプ
オ ヒートポンプ	カ プレート	キ リヒータ	ク レキュペレータ
ケ 蒸発器	コ 回転再生	サ 酸露点	シ 凝固点
ス 融点	セ 沸点		

2) シェルアンドチューブ式熱交換器は、多くの用途で使われている代表的な管式熱交換器である。この熱交換器には管と管板の取り付け方法や管の形状によって三つの基本形式がある。図はその一つの基本形式である 式の概略図を示している。図中の番号①～⑤はそれぞれ、①胴、②伝熱管、③ 、④ 、⑤ を示している。この方式以外の基本形式としては、 式と 式がある。



〈 ～ の解答群〉

- | | | | |
|---------|----------|--------|----------|
| ア バヨネット | イ ヒートパイプ | ウ プレート | エ バッフル板 |
| オ 管板 | カ 固定管板 | キ 仕切り室 | ク 遊動頭 |
| ケ 回転 | コ 円筒 | サ U字管 | シ 熱伝導パイプ |
| ス 蓄熱体 | セ 架台 | | |

問題 15 の (2) は次の 19 頁及び 20 頁にある

(2) 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。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。

1) 熱交換器の性能を評価する指標として、温度効率やエネルギー効率がある。エネルギー効率は、被加熱媒体が加熱媒体から理論上得られる交換可能な の熱量に対して、実際に被加熱媒体に与えられた熱量の比である。この の熱量は、加熱媒体と被加熱媒体の熱容量流量(質量流量×比熱)の大きさを比べて、 一方の媒体の熱容量流量と、両媒体間の入口における温度差 ΔT_{in} との積である。加熱媒体が、この 一方の媒体であり、加熱媒体の質量流量を M_h 、比熱を c_{ph} 、被加熱媒体の質量を M_c 、比熱を c_{pc} とし、実際に被加熱媒体に与えられた熱量を ΔQ とすると、このときのエネルギー効率は次式で求められる。

$$\eta = \frac{\Delta Q}{\text{13}}$$

例えば、比熱が $1 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ の加熱媒体と、比熱が $4 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ の被加熱媒体の両媒体が、それぞれ熱交換器に質量流量 1 kg/s で流入しているときの熱交換器のエネルギー効率を求めてみる。加熱媒体の熱交換器入口の温度が 200°C 、出口の温度が 80°C 、被加熱媒体の熱交換器入口の温度が 40°C 、出口の温度が 70°C であったとすると、このときの熱交換器のエネルギー効率は [%] となる。

< ～ の解答群 >

ア $M_c \times c_{pc} \times \Delta T_{in}$	イ $M_c \times c_{ph} \times \Delta T_{in}$	ウ $M_h \times c_{pc} \times \Delta T_{in}$
エ $M_h \times c_{ph} \times \Delta T_{in}$	オ 最大	カ 最小
キ 平均	ク 大き	ケ 小

2) 熱交換器は、使用環境による汚れや熱交換器内を流れる媒体の汚れが伝熱面に付着することなどにより、熱抵抗が大きくなる。熱交換器の日常管理では、伝熱性能の低下を把握し、システムに必要な性能を下回らないように熱交換器の温度効率の値を使って管理するのが一般的である。例えば、熱交換器の低温側流体の入口温度が25℃、高温側流体の入口温度が95℃のとき、高温側の流体に着目した温度効率の管理目標値が50%以上であったとすると、高温側流体の出口温度が

B	ab
---	----

 [°C] 以下を維持するように管理を行うことになる。

(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 及び の中に入れるべき最も適切な字句を 及び の解答群から選び、その記号を答えよ。

空調負荷には、空調対象の空間に出入りする日射負荷、侵入する隙間風による負荷、空間内で発生する人体発熱負荷などの室熱負荷と、新鮮外気の取り入れによる外気負荷などがある。これらのうち顕熱負荷のみを持つものは である。

また、外気負荷を削減する手段の一つとして全熱交換器の設置が考えられる。このとき、室内及び外気の温湿度条件から、熱交換することが省エネルギーとなるかを自動的に判断して、全熱交換器を運転、停止又はバイパスする制御を行うのがより効果的である。これを 制御と呼んでいる。

< 及び の解答群 >

- | | | |
|------------|--------------|-------------------|
| ア エンタルピー | イ ゼロエネルギーバンド | ウ CO ₂ |
| エ 人体発熱負荷 | オ 日射負荷 | カ 外気負荷 |
| キ 隙間風による負荷 | | |

(2) 次の表1は、中央方式と個別方式における空調方式の例についてまとめたものである。表の ～ の中に入れるべき最も適切な空調方式の説明を①～⑤の文章から選び、
 < ～ の解答群 > からその文章に相当する記号を答えよ。

表1

分類	熱源の例	空調方式の例	空調方式の説明
中央方式	空冷ヒートポンプチラー	変风量単一ダクト方式	<input type="text" value="3"/>
		二重ダクト方式	<input type="text" value="4"/>
個別方式	小型水熱源ヒートポンプユニット方式		<input type="text" value="5"/>

[空調方式の説明]

- ① 冷房及び暖房負荷が同時に発生する場合、熱源側での熱回収が可能である
- ② 個別制御性は優れるが、制御性向上のために混合損失が生じ、一般に省エネルギー性は劣る
- ③ 個別制御性は劣り、負荷に応じた空気搬送動力の削減は基本的にはできない
- ④ 適切なゾーニングをすれば個別制御性は比較的優れ、負荷に応じた空気搬送動力の削減も可能である
- ⑤ 全水の空調方式で、冷温水4管式の場合は同時冷暖房が可能であるが、機器同士で混合損失が生じる可能性もある

< ～ の解答群 >

ア ① イ ② ウ ③ エ ④ オ ⑤

問題 16 の (3) 及び (4) は次の 23 頁及び 24 頁にある

(3) 次の文章の 6 ~ 8 の中に入れるべき最も適切な字句、式又は記述を 6 ~ 8 の解答群から選び、その記号を答えよ。

冷凍機の方式は、蒸気圧縮冷凍方式と吸収冷凍方式に大別される。蒸気圧縮冷凍機は、冷媒を機械的に圧縮することによって冷凍サイクルを構成するものであり、一方、吸収冷凍機は、冷媒と吸収液を用いた冷凍方式で、蒸気圧縮冷凍方式における冷媒蒸気の圧力を高めるための圧縮機と同様の役割を、6 で担うものである。

蒸気圧縮冷凍機の冷凍サイクルは、図1に示すように、冷媒の絶対圧力を縦軸に、比エンタルピーを横軸にとったモリエ線図上に、①→②→③→④→①のサイクルで表すことができる。

冷凍機の性能は一般に成績係数(COP)で示されることが多いが、図1のエンタルピーの記号を用いて、式 7 で表すことができる。成績係数を向上させることは、冷凍機の省エネルギー運転のための要点であり、そのためには例えば、蒸発温度を 8 などの方法が考えられる。

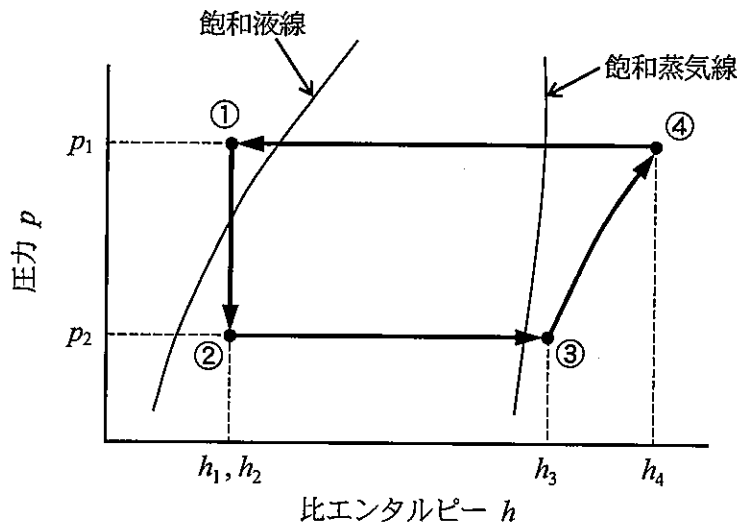


図1

< 6 ~ 8 の解答群 >

- | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| ア $\frac{h_3 - h_2}{h_4 - h_3}$ | イ $\frac{h_4 - h_1}{h_3 - h_2}$ | ウ $\frac{h_4 - h_3}{h_3 - h_2}$ |
| エ 低くする | オ 一定に保つ | カ 高くする |
| キ 蒸発器と吸収器 | ク 吸収器と再生器(発生器) | ケ 再生器(発生器)と凝縮器 |

(4) 次の表2の ~ の中に入れるべき最も適切な数値を ~ の解答群> から選び、その記号を答えよ。

冷暖房兼用コイルを持つ空気調和機によって室内を所定の温湿度に保つ空気調和システムがある。図2はこのシステムの冷房最大負荷時における湿り空気線図上の状態変化を示したものである。空調機の送風量は $5000 \text{ m}^3/\text{h}$ であり、室内の CO_2 濃度を、建築物における衛生的環境の確保に関する法律に定められている環境基準値以下に保つために、 $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ の新鮮外気が室内からの還気 $4000 \text{ m}^3/\text{h}$ と混合し、空調機によって処理された後、室内に導入されている。また、空気の比熱は $1.00 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、空気の密度は $1.20 \text{ kg}/\text{m}^3$ とする。

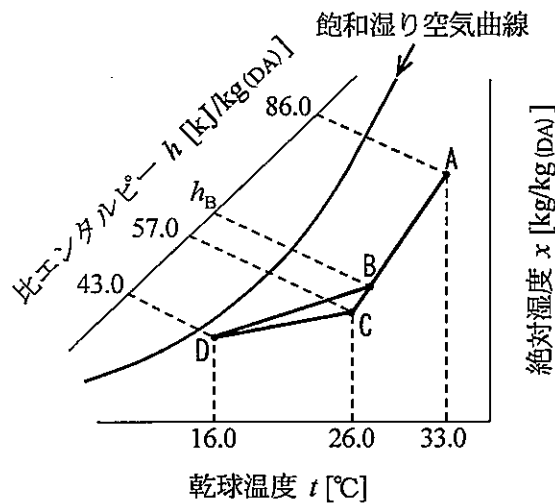


図2

表2

項目	数値	単位
B 点の比エンタルピー h_B	<input type="text" value="9"/>	[kJ/kg(DA)]
外気全熱負荷	<input type="text" value="10"/>	[kJ/h]
室内潜熱負荷	<input type="text" value="11"/>	[kJ/h]
室内負荷の顕熱比 (SHF)	<input type="text" value="12"/>	[-]

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|----------|----------|----------|-----------|
| ア 0.4 | イ 0.71 | ウ 2.5 | エ 62.8 |
| オ 64.3 | カ 80.2 | キ 20 000 | ク 24 000 |
| ケ 29 000 | コ 34 800 | サ 60 000 | シ 174 000 |

(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 ～ 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。

1) 工業炉は、原材料の精錬、溶解、、熱間加工など、熱による効果を利用した物理的及び機械的性質の変化、あるいは の促進を利用した生産手段に使われる設備である。

産業用に用いられる主な工業炉としては、鉬石の製錬に用いられる 、粗金属の精錬に用いられる転炉、冷延鋼帯の焼きなましなどに用いられる 、セメントの製造に用いられる などがある。

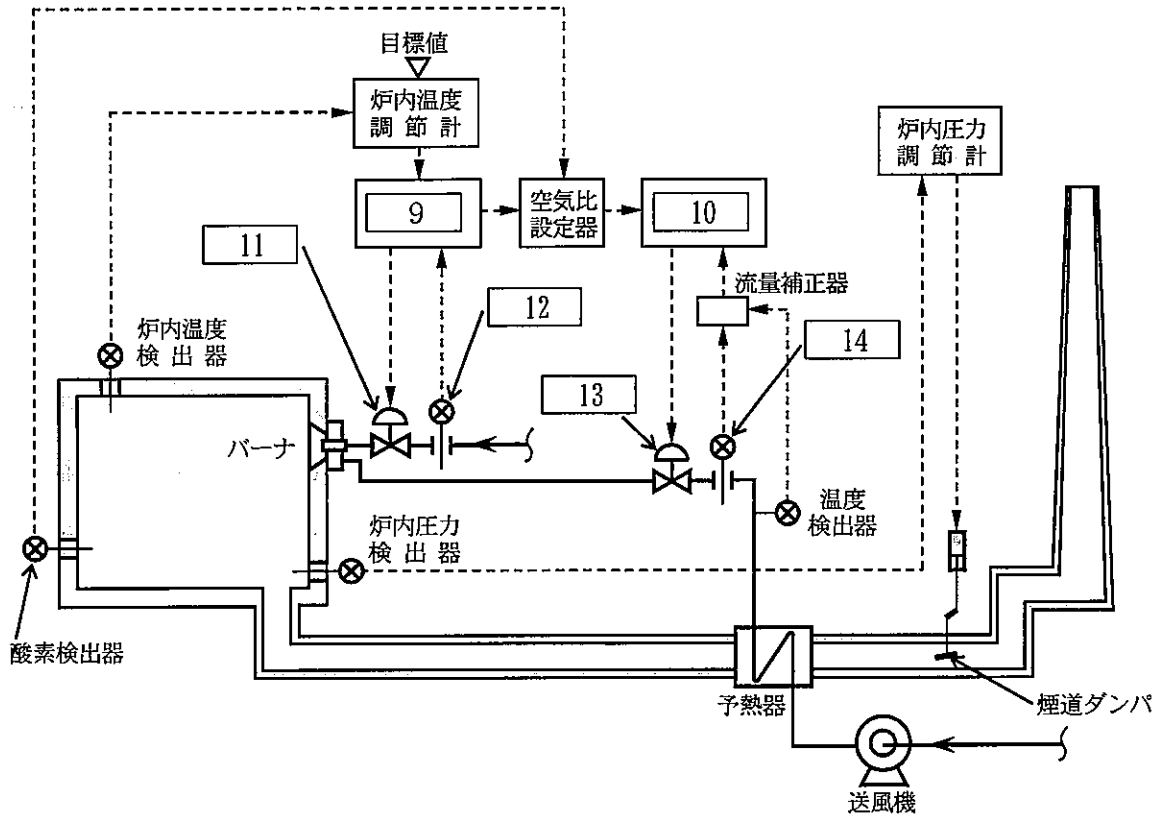
2) 工業炉の省エネルギーには、一般に次の 3 段階があるといわれている。第 1 段階は、燃焼空気比、炉内圧の制御などによる省エネルギーで、主として の管理・改善によるものである。第 2 段階は、連続加熱炉の予熱帯の延長や排熱回収の強化など、 の改善によるもの、第 3 段階は、高効率設備の導入に加えて、連続鑄造からの連続圧延、あるいは鍛造後の直接焼入れなど、 の抜本的な改革を行うものである。

< ～ の解答群 >

ア 操業	イ 混合	ウ 冷却	エ 熱処理	オ 燃焼反応
カ 化学反応	キ 設備	ク 熱風炉	ケ 溶鉬炉	コ 鍛造炉
サ 均熱炉	シ 熱処理炉	ス 焼成炉	セ 残灰溶解炉	ソ 生産工程

(2) 次の図の ～ 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。

図は工業炉の主要制御系統の一例である。



< ～ の解答群 >

- | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ア 熱流束計 | イ 燃料分析計 | ウ 燃料圧力変換器 | エ 燃料流量検出器 |
| オ 燃料流量調節計 | カ 燃料流量調節弁 | キ 燃料遮断弁 | ク 空気圧力変換器 |
| ケ 空気流量検出器 | コ 空気流量調節計 | サ 空気流量調節弁 | シ 空気遮断弁 |

問題 17 の (3) は次の 27 頁にある

(3) 次の文章の [15] ~ [18] の中に入れるべき最も適切な字句を < [15] ~ [18] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。なお、[15] 及び [16] は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

熱設備材料には、1500℃以上の高温に耐え物理的・化学的侵食にも強い高密度耐火物などの高品質の耐火物、そのバックアップとして使用される、耐火断熱れんがや、[15] などの低密度耐火物、さらに、その外側の炉殻との間や付帯配管の断熱材として使用される [16] などに大別される。

[15] などの不定形耐火物は、主として耐火骨材と結合材から成る練り土状もしくは [17] 状耐火物で、そのままの状態、又は、水あるいはその他の指定された液で混練した後、使用できるように配合されたものである。

[16] は、炉の予熱空気配管や低温排ガス配管に用いられるだけでなく、炉壁の外表面及び炉殻の内面に、耐火物及び耐火断熱材のバックアップとして使用される断熱構成材で、JIS A 9501:2006 では [18] 、無機多孔質及び発泡プラスチックの3種類に分類されている。

< [15] ~ [18] の解答群 >

- | | | |
|---------|------------|--------|
| ア クリンカ | イ プラスチック | ウ ムライト |
| エ ラミング材 | オ 軽量キャストブル | カ 保温材 |
| キ 焼成れんが | ク 人造鉱物繊維 | ケ 粉粒 |
| コ 酸性 | サ 塩基性 | |

(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又は数値を ~ の解答群から選び、その記号を答えよ。

- 1) 溶媒と溶質から成る溶液と、その純溶媒に対して蒸気圧及び沸点を比較した場合、混合溶液の は純溶媒より低く、 は純溶媒より高い。
- 2) 図 1 は、水酸化ナトリウム溶液について飽和温度と蒸気圧の関係を示したもので、標準液である水の線とほぼ平行な直線群になる。このような図のことを 線図という。
- 3) 図 1 から、40% 水酸化ナトリウム溶液の大気圧下の沸点は、約 [°C] である。
- 4) 液面からある深さ H に存在する液にかかる圧力は、その液の に相当する分だけ高くなり、液面より高い温度で沸騰する。

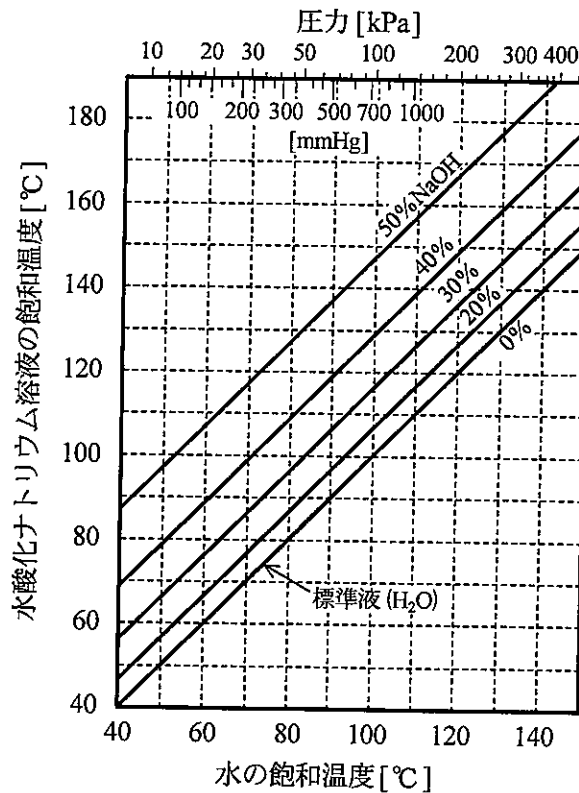


図 1

< 1 ~ 5 の解答群 >

ア 100

イ 115

ウ 128

エ 147

オ ダルトン

カ デューリング

キ ラウール

ク 蒸気圧

ケ 沸点

コ 沸点上昇

サ 露点

シ 静圧頭

ス 動圧頭

セ 全圧

問題 18 の (2) は次の 31 頁及び 32 頁にある

(2) 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
く ～ の解答群から選び、その記号を答えよ。なお、 及び
は文章中と図の2箇所にあるが、それぞれ同じ記号が入る。

湿潤な被乾燥材料を、熱風による向流接触型の連続通気乾燥法で処理した。その操作条件は図2の通りである。

- 1) 材料に含まれる水分の量、すなわち、含水率を表す場合、全質量に対する水の量をもって表す 基準と、乾燥状態の材料の質量に対する水の量をもって表す 基準とがある。
- 2) 供給する被乾燥材料の乾量基準の含水率が $0.5 \text{ kg}_{\text{-水}}/\text{kg}_{\text{-無水材料}}$ である場合、被乾燥材料の湿量基準の水分は $[\text{kg}_{\text{-水}}/\text{kg}_{\text{-湿り材料}}]$ である。
- 3) この乾燥装置で、被乾燥材料から単位時間あたりに蒸発する水分の量が $200 \text{ kg}_{\text{-水}}/\text{h}$ である場合、乾燥器出口における乾燥製品の乾量基準の含水率は $[\text{kg}_{\text{-水}}/\text{kg}_{\text{-無水材料}}]$ である。
- 4) 乾燥器入口の熱風の湿度を $0.02 \text{ kg}_{\text{-水蒸気}}/\text{kg}_{\text{-乾き空気}}$ とすると、被乾燥材料から蒸発した水分により排気の湿度は $[\text{kg}_{\text{-水蒸気}}/\text{kg}_{\text{-乾き空気}}]$ に上昇する。
- 5) 水の蒸発潜熱を $2400 \text{ kJ}/\text{kg}$ とすると、材料中の水分の蒸発に要する熱量は、 $[\text{kJ}/\text{h}]$ である。
- 6) 乾燥により被乾燥材料に与えられた顕熱を $20000 \text{ kJ}/\text{h}$ 、乾燥器の放散損失及び排気中の水分の顕熱の合計を $80000 \text{ kJ}/\text{h}$ とし、空気の平均比熱を $1.0 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ とすると、乾燥器の排気温度は $[\text{°C}]$ である。ただし、乾燥後の製品に含まれる水分の昇温に必要な熱量は無視してよい。

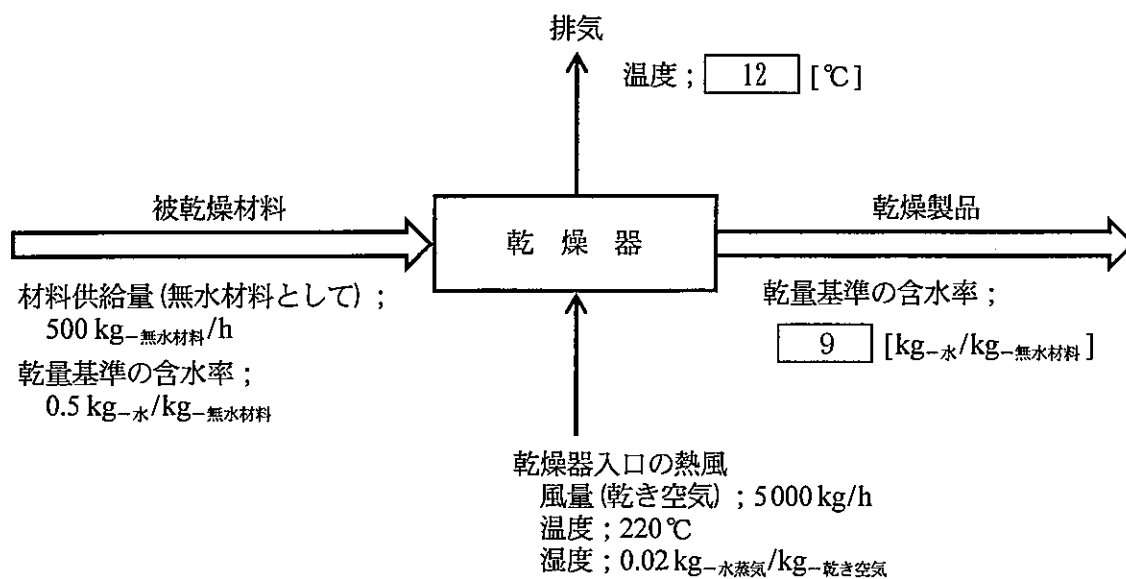


図 2

< [6] ~ [12] の解答群 >

- | | | | |
|--------|--------|-----------|-----------|
| ア 0.04 | イ 0.06 | ウ 0.08 | エ 0.1 |
| オ 0.15 | カ 0.33 | キ 0.5 | ク 104 |
| ケ 108 | コ 120 | サ 480 000 | シ 600 000 |
| ス 乾量 | セ 湿量 | | |

問題 18 の (3) は次の 33 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。

石炭及び石油系の原料を用いて合成用ガスや水素などのガス生成物を得る操作を、ガス化と呼んでいる。ガス化に用いられる基本的な反応は、熱分解、水素化分解、水性ガス反応(水蒸気改質反応)及び部分燃焼であり、これらの組合せが反応器内で起こる。

- 1) 原油及び重油の は水蒸気を希釈剤として行われ、プロセス温度は700～1200℃である。この場合、オレフィン系炭化水素の含有量が多くなり、反応は吸熱反応である。
- 2) 完全燃焼より少ない酸素量で炭化水素を燃焼させると、発熱を伴って二酸化炭素が生成される。この反応熱を利用して吸熱反応を行わせてガス化させることを、 という。
- 3) は、比較的分子量の大きい炭化水素を高温高压下で と接触させ、低分子のパラフィン系炭化水素にする反応である。

< ～ の解答群 >

- | | | | |
|---------|----------|-----------|--------|
| ア 水素化分解 | イ 水性ガス反応 | ウ 水蒸気改質反応 | エ 部分燃焼 |
| オ 熱分解 | カ 水蒸気 | キ 酸素 | ク 窒素 |
| ケ 空気 | コ 水素 | | |

(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
---	------

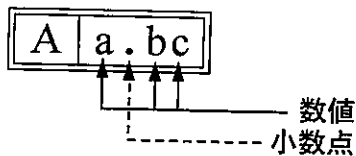
、

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「0,0,0,0,0,0,0,0,0」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。
 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。

「解答例1」

(設問)



(計算結果)

6.827……
↓ 四捨五入
6.83

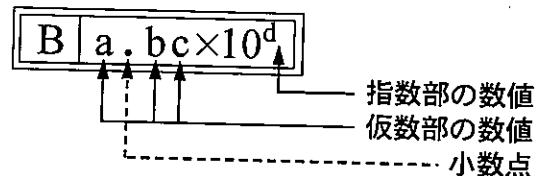
(解答)

「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)

9.183×10²
↓ 四捨五入
9.18 ×10²

(解答)

「9.18×10²」に
マークする

B						
	a	.	b	c	×10	d
①			0	0		0
②			1	1		1
③			2	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

- (3) 問題文中で与えられる数値は、記載してある位以降はすべて「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。