

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 14:00～15:50 (110分)

3時限目

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

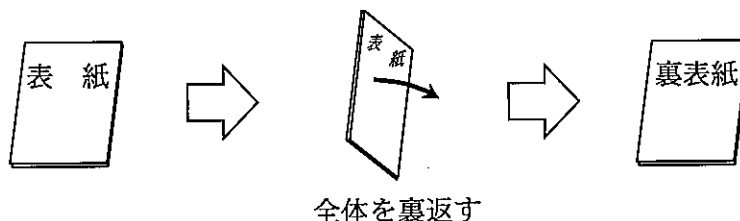
次の問題15から問題18までは、4問題中2問題を選択して解答すること。

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		20～22 ページ
選択 問題17	工業炉、熱設備材料		23～25 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 [1] ~ [14] の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、[2]、[5]、[6]、[8] 及び [12] ~ [14] は複数個所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計 50 点)

(1) 放射温度計は、物体からの放射エネルギーから物体の温度を測定するものである。理想的な放射体である黒体からの全放射エネルギーは、[1] で示されているとおり、絶対温度の 4 乗に比例する。

放射温度計は、非接触でも測定が可能のため、移動体や回転体でも温度測定が可能で、遠方の物体や非常に大きい物体の測定も可能であるなどの長所がある。しかし、短所としては、①測定対象の [2] によって測定結果が左右されること、②測定対象の近くに高温物体があると、その熱放射エネルギーが測定対象から反射されて誤差を生じること、などが挙げられる。①への対応としては、放射温度計と他の温度計により同じ場所の温度を同時に測定し、両者の温度が一致するように放射温度計の [2] を調整する方法が用いられている。

〈 [1] 及び [2] の解答群 〉

ア ウィーンの変位則 イ ステファン・ボルツマンの法則 ウ プランクの法則
エ 速度 オ 放射率 カ 密度

(2) 熱電対を用いて温度測定を行う場合の注意点について考える。

熱電対を用いて固体表面の温度測定を行う場合は、熱電対の素線を通した熱伝導が生じて、温度を正確に測定できないことが想定される。この影響を小さくするためには、熱電対の素線がある程度の長さになり、固体表面に沿って設置するのが良いが、固体表面の [3] 分布による影響がより少ない方向に設置しなければならない。なお、受信計器 (測定器) まで距離があるときには、熱電対の素線に [4] を接続して延長する。

〈 [3] 及び [4] の解答群 〉

ア アース線 イ 短絡線 ウ 補償導線 エ 温度
オ 輝度 カ 密度

(3) 熱電対や抵抗温度計に用いる保護管について考える。

[熱電対]

熱電対は、測定雰囲気と直接さらされていると変質して寿命が短くなることがある。また、裸線のままでは装置や炉に取り付けにくい場合もある。そのような場合には、熱電対を保護管に入れるか、保護管付熱電対を使用する。保護管は大別して金属保護管と非金属保護管に分けられる。

保護管の条件としては、 があること、化学的に安定で雰囲気ガスにおかされないこと、 があり雰囲気ガスを浸透させないこと、熱電対に影響を与える有害なガスを発生させないことなどが挙げられる。

白金系熱電対に用いられる保護管としては 管が挙げられるが、 したときに破損しやすい。そのためこの保護管の外側に、 は悪いが には強い保護管を被せ、二重保護管として使用することがよく行われる。

[抵抗温度計]

抵抗温度計でも熱電対と同様の保護管を用いるが、使用温度が低く、かつ化学工業や食品工業で使用されることが多いので、 よりも耐食性に重点が置かれている。一般には SUS 304 や SUS 316 が使用されるが、腐食性が激しい流体に対しては、チタン、モネル、ハステロイ、フッ素樹脂ライニングなどが使用される。

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|----------|---------|-------|--------|
| ア アルミナ磁器 | イ ステンレス | ウ 銅 | エ 加湿 |
| オ 急熱・急冷 | カ 酸化 | キ 気密性 | ク 親水性 |
| ケ 浸透性 | コ 耐圧性 | サ 耐熱性 | シ 耐冷却性 |

(4) ピトー管式流速計は、流れの全圧と静圧を測定して流速を求める。全圧と静圧との である動圧が、流速の 乗に比例することを示すベルヌーイの式を利用して流速を求める。このため、流体の が測定に影響するので、空気の流速測定の場合、測定時の気温と気圧を把握しておく。

〈 ~ の解答群 〉

ア $\frac{1}{2}$ イ 2 ウ 3 エ 差 オ 比 カ 和
 キ 浸透圧 ク 粘度 ケ 密度

(5) 周辺を固定したダイアフラムの片側に圧力を加えるとダイアフラムがたわむ。ダイアフラム式圧力計はこの現象を用いており、ダイアフラムに生じた変位又は歪み、あるいはダイアフラムが受けた力を検出して圧力を測定している。

ダイアフラム式圧力計と同じ測定原理を利用した は、流量測定や液位測定・液体密度測定などに広く使用されており、機能はより豊富である。流量測定に使用するときには、差圧を流量に変換するための開平機能や気体流量測定用の温度・圧力補正機能を付加する。また、ダイアフラムの片側一方を真空にしてから封止し、絶対圧力を測定する製品もある。

は、検出方式によって①力平衡式、②静電容量式、③ 式、④振動式に分けられる。また、伝送出力によって電子式と 式に分けられるが、 式の製品は①の力平衡式のみである。③の 式は単結晶シリコンの薄いダイアフラム上に を形成し、差圧に比例した出力を得ている。

〈 ~ の解答群 〉

ア U字管 イ ブルドン管 ウ コンデンサ
 エ 差圧伝送器 オ 測温抵抗体 カ 半導体歪みゲージ
 キ 液柱 ク 空気 ケ 水圧

(空 白)

(計測及び制御)

問題 12 次の各文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、 は複数個所あるが、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。(配点計 50 点)

図 1 は、ボイラの出口蒸気圧制御を示したものである。ボイラの出口蒸気の圧力は、圧力調節計により、燃料である重油の流量調節計の設定値を調整することにより制御しており、PID 制御が用いられている。

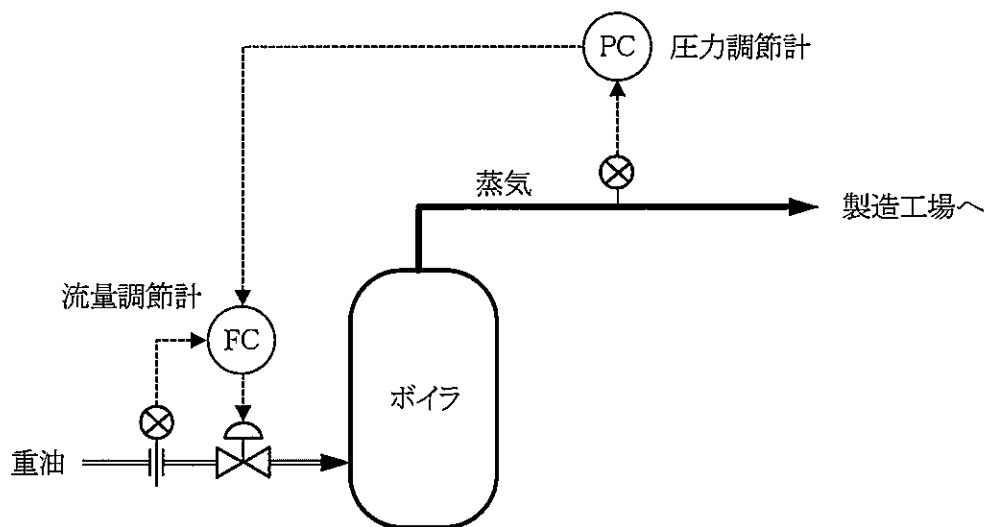


図 1 ボイラ蒸気圧力制御

1) この圧力調節計と流量調節計の関係のような制御を 制御といい、圧力調節計を 調節計、流量調節計を 調節計と呼ぶ。

< ~ の解答群 >

ア カスケード イ オーバライド ウ 一次 エ 二次
 オ 主 カ 従 キ 比率

2) 圧力調節計と流量調節計で使われるPIDアルゴリズムのP動作の制御パラメータPBを 、I動作の制御パラメータ T_i を 、D動作の制御パラメータ T_d を と呼ぶ。そして、PID動作をラプラス変換表示すると、調節計の伝達関数は式 で表される。

< ~ の解答群 >

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

3) これら制御パラメータの値を調整する際に、その値は一般的には経験的に決められるが、より良い制御性を得るためには、対象のプロセスの動特性を計測して決める。

プロセスの動特性の測定方法としては一般に二つの方法がある。一つは、制御動作を行っていない状態で制御対象に一定入力を与え、そのときの出力の測定値の変化を見る 法であり、もう一つは、調節計を比例動作だけにして比例帯を狭くしてゆき、制御系に持続的な振動を起させることにより測定を行う 法である。

< 及び の解答群 >

ア ステップ応答 イ ランプ応答 ウ 限界感度 エ 波形観測

4) 設定値をステップ状に変化させたときに、測定値の追従性が図2のようになったとすれば、

$\frac{a_1}{a_0}$ に相当する や、 $\frac{a_2}{a_1}$ に相当する が、制御パラメータの値を決める動特性の指標として使用される。

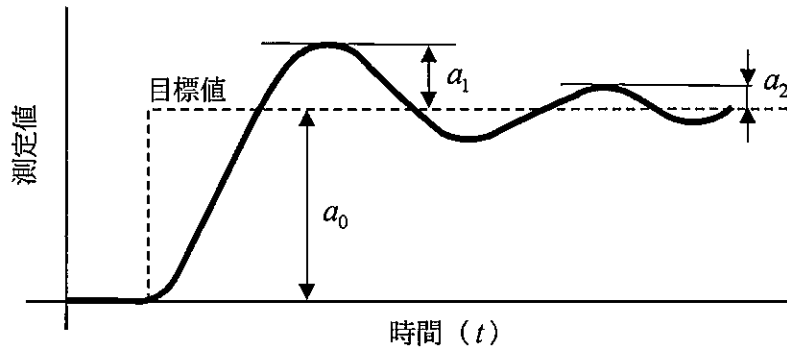


図2 測定値の追従性

< 及び の解答群 >

ア サイクル係数 イ 行き過ぎ量 ウ 減衰比 エ 不感帯

5) 制御アルゴリズムとしてP動作だけを使用した場合に、偏差がいつまでもゼロにならない が生じることがある。

例えば、図1の圧力調節計がP動作のみの調節計で、その設定値が3MPa、PBが20%、偏差零のときのバイアスが50%、測定値・目標値のスパンが5MPaであるとする。ある運転条件のとき、圧力調節計の出力が70%でバランスしたとする。出力 = $\frac{100}{PB} \times \text{偏差} + \text{バイアス}$ の関係がある

るので、そのときの は $\times 10^{-1}$ [MPa] 生じることになる。

この は、制御アルゴリズムに 動作を加えることにより解消される。

< 及び の解答群 >

ア オーバシュート イ オフセット ウ ヒステリシス エ 遅れ
オ 進み カ 積分 キ 微分

(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等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。

また、 a.b ～ abc 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) 水管ボイラのうちの循環ボイラには、ボイラ水の循環方式によって次の 2 種類がある。ボイラ水と発生する蒸気との によって循環力を生じさせる 循環ボイラと、 を用いて循環力を賄う 循環ボイラである。

循環ボイラでは、一般に蒸気ドラムの内部装置で気水分離が行われ、ドラム内のボイラ水中に濃縮された 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。

〈 ～ の解答群 〉

ア	オリフィス	イ	ファン	ウ	ポンプ	エ	イオン交換樹脂
オ	シリカ	カ	脱酸素剤	キ	圧力差	ク	温度差
ケ	密度差	コ	加圧	サ	強制	シ	自然
ス	水頭	セ	単純				

(2) 大容量の火力発電プラントでは高温高圧の蒸気が使われるが、蒸気の圧力、温度を上げると発電の理論効率が向上するので、蒸気タービンの発電量当たりの が減少し、ボイラの燃料が節約できる。

そのような高温高圧ボイラでは、圧力が高くなるにしたがって水の は小さくなるため、一般に水管群と火炉壁で構成されていた蒸発器は、火炉壁での放射熱吸収で十分賄え、水管群は省略されるようになる。また、ボイラから蒸気タービンに蒸気を送る蒸気管では、蒸気圧の高い方が蒸気の は小さくなるので、蒸気管を流れる蒸気の摩擦損失は小さくなり、蒸気管の径も小さくでき、蒸気管の重量低減につながる。

〈 ~ の解答群 〉

ア 機械損失 イ 漏洩損失 ウ 蒸気消費量 エ 蒸発潜熱 オ 親和力
カ 定圧比熱 キ 粘性係数 ク 比体積 ケ 密度

(3) ボイラの蒸気温度を上げるためには、ボイラ内に設置される過熱器の伝熱面積を大きくする必要があり。過熱器は取付け位置によって異なる伝熱形態から、主に火炎からの熱を利用する 形過熱器、主に から熱を受ける対流形過熱器、及び両形の特徴を持つ過熱器に分類される。

蒸気タービン中で所定の膨張をして飽和蒸気に近づいた蒸気を途中から取出し、その圧力のまま再び加熱し、また蒸気タービンに戻して膨張を行わせる場合には、 器が使用され、この蒸気温度を上げることでプラントの効率を改善することができる。

〈 ~ の解答群 〉

ア 再熱 イ 接触 ウ 節炭 エ 伝導 オ 放射
カ 予熱 キ 燃焼ガス ク 燃焼灰 ケ 未燃ガス

- (4) 10MPa の蒸気を 22t/h 発生するボイラの燃費の改善について考える。このボイラの燃費改善前の運転状態は表 1 のとおりであり、ボイラへの入熱は燃料からのみであるとする。

表 1 ボイラの運転状態 (燃費改善前)

項目	単位	数値
ボイラの発生蒸気量	t/h	22
ボイラ効率 (低発熱量基準)	%	88
燃料の低発熱量	MJ/kg	40.6
ボイラ給水の比エンタルピー	kJ/kg	426.55
発生蒸気の比エンタルピー	kJ/kg	2700

1) このボイラの燃費改善前の燃料消費量は [t/h] となる。

2) このボイラの発生蒸気の乾き度を求める。

まず、10MPa の蒸気 1kg の蒸発潜熱は、表 2 より [kJ/kg] と求められる。これよりボイラ発生蒸気の乾き度を計算すると、 [%] となる。

3) 燃費改善のため、余剰熱を用いてボイラ給水を予熱する計画を立てた。改善目標を燃費の 5% 低減として改善後の給水温度を求める。ここで、蒸気は改善前と同等に発生させるものとし、改善によるボイラ効率の変化は無視できるものとする。

給水予熱による燃費の 5% 低減とは、ボイラ給水と発生蒸気の比エンタルピー差を 5% 低減することであり、そのためにはボイラ給水の比エンタルピーを [kJ/kg] とすればよい。したがって、そのときのボイラ給水温度は表 3 より [°C] となる。ただし、表の数値間は線形補間できるものとして計算すること。

< の解答群 >

ア 1318

イ 1408

ウ 2067

表2 飽和表

圧力 [MPa]	比エンタルピー [kJ/kg]	
	飽和水	乾き飽和蒸気
10	1407.87	2725.47

表3 圧縮水表

圧力 [MPa]	温度 [°C]	比エンタルピー [kJ/kg]
10	90	384.66
	100	426.55
	110	468.56
	120	510.70
	130	553.00

(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 ～ の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。(配点計 50 点)

(1) 蒸気タービンの経年劣化について考える。

1) 回転部を持つタービンのグランドラピリンス、ノズラピリンス、チップフィンなどでは、経年的に回転部と静止部の接触による損傷や磨耗で が増大し、漏洩損失を増加させる。この損傷や磨耗の主要な原因は、頻繁な起動停止、許容値以上の負荷変動、給水加熱器からの の逆流などにより、タービン内の上下間温度差で生じるケーシングやロータの熱変形である。

< 及び の解答群 >

ア ドレン イ 給水 ウ 冷却水 エ 隙間
オ 摩擦抵抗 カ 翼の変形

2) 酸化物、化合物などが蒸気中にキャリーオーバーしてタービンに飛来し、動翼や静翼に付着して が大きくなると、翼の摩擦係数が増加する。これがさらに成長すれば、翼のプロファイルを崩して段落特性を変化させ、内部効率を低下させると共に、蒸気の通過面積を減少させるに至る。

3) タービン翼の第1段静翼に生じる侵食の主な原因は、ボイラチューブの の飛来によるものであり、ひいては後縁形状の変化、蒸気通路面積の増大、段落流量や各部圧力の変化などを生じさせ、その結果内部効率を低下させる。また、復水タービンの最終段動翼においては、 によるドレンエロージョンが生じやすく、第1段静翼の場合と同様に内部効率の低下を招く。

< ～ の解答群 >

ア ブロー水 イ 乾き蒸気 ウ 湿り蒸気 エ 高温蒸気 オ 酸化スケール
カ 溶接金属 キ 表面粗さ ク 密度 ケ 面積

(2) 内燃機関の特徴及び環境対策について考える。

1) ピストンの往復運動によりシリンダ容積の変化を行わせる構造の内燃機関は、 形の熱機関である。 サイクルの応用である火花点火方式のガソリン機関と、ディーゼルサイクルの応用である圧縮着火方式のディーゼル機関に分けられており、コンパクトで起動・停止操作も容易である。

< 及び の解答群 >

ア オットー イ ブレイトン ウ ランキン エ 遠心
オ 速度 カ 容積

2) 内燃機関の排ガス中に含まれる大気汚染物質は、NO_x、CO、未燃炭化水素、すすなどであり、そのうち NO_x については、次のようなことが生成条件となる。

- ・ 燃焼温度が高いこと
- ・ 燃焼時間が こと
- ・ 酸素濃度が高いこと

また、NO_x の排出削減対策としては次のようなことが考えられる。

- ・ 燃料中の 分の少ないこと
- ・ 燃焼温度の低下を図ること
- ・ 排ガス再循環・希薄燃焼をさせること
- ・ 触媒で 処理させること

< ~ の解答群 >

ア 酸素 イ 窒素 ウ 二酸化炭素 エ 廃棄
オ 分解 カ 燃焼 キ 長い ク 短い

(3) ガスタービンの構造について考える。

1) 燃焼器出口は に接続されており、燃焼器出口のガスの温度には、機器の効率及び耐熱性を考慮して、適正温度を保持し、ばらつきを小さくすることが要求される。その要求温度は理論燃焼温度より相当低いので、希釈空気を導入して適正温度に下げている。希釈空気の導入により、同時に燃焼器構成材料の も狙っている。

< 及び の解答群 >

- | | | |
|-------------|-----------|----------|
| ア タービンケーシング | イ タービンノズル | ウ タービン羽根 |
| エ 硬度強化 | オ 熱処理 | カ 冷却効果 |

2) タービン部は、燃焼器出口より高温燃焼ガスを導入して動翼により高速回転して動力を発生するので、その動翼では への耐力を含めた耐熱性に対する考慮が必要である。通常は、 の一部をバイパスさせて羽根の内部に導き、衝突による内部冷却と翼表面に吹き出すことによるフィルム冷却を行う。

< 及び の解答群 >

- | | | | |
|-------|--------|-------|---------|
| ア 遠心力 | イ 耐侵食性 | ウ 摩擦力 | エ 燃焼用空気 |
| オ 燃料 | カ 冷却水 | | |

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 次の各文章の ～ の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。

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。(配点計 40 点)

(1) 蒸気を用いる熱利用設備から発生するドレンからの熱回収について考える。

1) 一般に、蒸気使用設備で加熱に利用される熱量は蒸気の持つ全熱量のうちの凝縮潜熱だけであることが多い。蒸気使用設備で発生したドレンは、設備の性能維持のために により使用設備内から排出され、その温度は使用圧力に対する飽和温度であり、大きな熱量を持っている。例えば、圧力がおおよそ 0.2 ～ 1 MPa の範囲では、蒸気の発生に用いられた全熱量に対して 20 ～ 30 % 程度もある。

2) ドレンは、使用圧力より低い圧力下に排出された瞬間にその一部がフラッシュ蒸気となる。ここで、ドレン量 w より生じるフラッシュ蒸気量 f は、フラッシュ前の圧力に対応する飽和水の比エンタルピーを h_1 、フラッシュ後の圧力に対応する飽和水の比エンタルピーを h_2 、フラッシュ後の圧力における飽和水の単位質量当たりの蒸発潜熱を r とすると、次式で表される。

$$f = w \times \text{}$$

排出後のドレンは、回収配管内でフラッシュ蒸気と飽和水の気液二相流となり、圧力損失は飽和水の単相流の場合と比べて なるため、ドレンが排出できなくなるなどのトラブルが起きることがある。したがって、ドレン回収配管の口径は、気液二相流になることを考慮して決める必要がある。

< ～ の解答群 >

ア $\frac{h_1 - h_2}{r}$

イ $\frac{h_2 - h_1}{r}$

ウ $\frac{r}{h_1 - h_2}$

エ スチームトラップ

オ フラッシュタンク

カ 気液セパレータ

キ 大きく

ク 小さく

(2) 伝熱面の汚れ等による熱交換器の性能評価と伝熱面の保守について考える。

1) 隔壁式の熱交換器は、継続的に使用することによって汚れ等に起因して伝熱性能が低下する。これは、隔壁材料の熱伝導率と比べて伝熱面に付着した汚れや生成されたスケールなどの熱伝導率が著しく小さいためである。

スケールの熱伝導率を λ 、厚さを δ とすると、このような汚れによる伝熱面の熱抵抗の度合を表す汚れ係数 R は次式で定義される。

$$R = \boxed{4}$$

ここで、汚れ係数 R の単位は $\boxed{5}$ である。

< $\boxed{4}$ 及び $\boxed{5}$ の解答群 >

- | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--|-------------------|
| ア $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ | イ $\text{m}^2\cdot\text{W}/\text{K}$ | ウ $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | エ $\delta\lambda$ |
| オ $\frac{\delta}{\lambda}$ | カ $\frac{\lambda}{\delta}$ | キ $\frac{1}{\delta\lambda}$ | |

2) 熱交換器の伝熱面への汚れの付着の進行度は流体の種類、流速や流路形状、伝熱面の条件、時間の経過などにより変わる。汚れの付着量が増えると、熱通過率は小さくなる。そのため、熱交換器の伝熱性能を改善する方法として、 $\boxed{6}$ などによる化学洗浄やスポンジボールの循環による洗浄などが行われる。

< $\boxed{6}$ の解答群 >

- ア ヒドラジン イ 亜硫酸ナトリウム ウ 塩酸

問題 15 は次の頁に続く

(3) ある熱交換器において、比熱が $2.5 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ の高温流体が、入口温度 T_{h1} 200°C 、流量 $30 \text{ kg}/\text{min}$ で流入しており、比熱が $4 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ の低温流体が、入口温度 T_{c1} 20°C 、流量 $180 \text{ kg}/\text{min}$ で流入して熱交換している。このとき、低温流体の出口温度 T_{c2} を測定したところ 35°C であった。ただし、熱交換器の外部への熱損失は無視できるものとする。

1) この熱交換による交換熱量は $\boxed{\text{A}} \boxed{\text{abc}}$ $[\text{kW}]$ である。

2) 高温流体の出口温度 T_{h2} は、 $\boxed{\text{B}} \boxed{\text{ab.c}}$ $[\text{C}]$ となる。

3) 高温側の温度効率 η_h は次式で表される。

$$\eta_h = \boxed{7} \times 100 \text{ [\%]}$$

これを計算すると、温度効率 η_h は $\boxed{\text{C}} \boxed{\text{ab.c}}$ $[\%]$ となる。

< $\boxed{7}$ の解答群 >

ア $\frac{T_{h1} - T_{h2}}{T_{h1} - T_{c1}}$

イ $\frac{T_{h1} - T_{h2}}{T_{h1} - T_{c2}}$

ウ $\frac{T_{h1} - T_{c2}}{T_{h1} - T_{c1}}$

4) 熱交換器の日常管理において、伝熱性能の管理を流体温度で行う場合、出入口温度差が大きい側の流体で管理の方が性能の劣化を把握しやすい。出入口温度差が大きくなるのは、熱容量流量の値が $\boxed{8}$ 側の流体であり、本問の条件では $\boxed{9}$ 温側の流体が該当する。出入口温度差を監視しながら、定期的な洗浄などにより性能を維持することができる。

< $\boxed{8}$ 及び $\boxed{9}$ の解答群 >

ア 高

イ 低

ウ 大きい

エ 小さい

5) ここで、伝熱面の洗浄等により熱交換器の性能を改善することとした。改善後、熱交換器入口における両流体の温度及び流量をそのままとして熱交換したところ、高温側の流体の出口温度が 40°C になった。このとき、低温側の出口温度は $\boxed{\text{D}} \boxed{\text{ab.c}}$ $[\text{C}]$ となる。

(冷凍・空調設備 - 選択問題)

問題 16 次の各文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句等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) 日本の平均的な気候(関東～関西圏)における建物の空調に関する省エネルギーについて考える。

1) 一般に窓のガラス面と外壁面の、単位面積当たりの空調負荷 (W/m^2) を比較すると、ガラス面は外壁面 。また、夏期における窓ガラス面の冷房負荷 (W/m^2) の低減を目的として、普通ペアガラスをローイー (Low-E) ペアガラスに変更する場合の効果を北面と南面で比較すると、北面は南面 。

< 及び の解答群 >

ア より大きい イ より小さい ウ とほぼ同等である

2) 一般的には空調エリアの外気導入量は、CO₂ 濃度などの室内環境条件を満たせる範囲内で少なくした方が空調用エネルギーを抑制することができる。その理由は、夏期の昼間の外気温は空調時の室温よりも高く、冬期の外気温は逆に低くなるからである。しかしながら、そのような条件であっても、昼間の空調時間中に外気を多く導入することによって省エネルギー化を図る手法が 期にしばしば用いられている。この手法の効果は、 のいずれもが大きな場合などにより顕著となり、例えば などの建物用途がこれに該当することが多い。

< ~ の解答群 >

ア 夏 イ 冬 ウ ホテル
エ 学校 オ 百貨店 カ 外壁面積や延床面積
キ 外壁面積や機器発熱量 ク 人員密度や機器発熱量

問題 16 は次の頁に続く

3) 建物外周部（屋根・外壁）の断熱材の厚みを増していくことは、一般的には空調負荷の低減に有効と考えられるが、事務所ビルなどでは 期において、そのことが朝の立ち上がり負荷を増大させる場合が考えられる。これには、主として が関与しているためである。

< 及び の解答群 >

ア 夏

イ 冬

ウ 外壁の日射反射性能

エ 昼間の熱取得特性

オ 夜間の放熱特性

(2) 図1は、暖房時の空気調和のプロセスを湿り空気線図 ($h-x$ 線図) 上に表したものであり、加湿方式には水噴霧加湿を採用している。

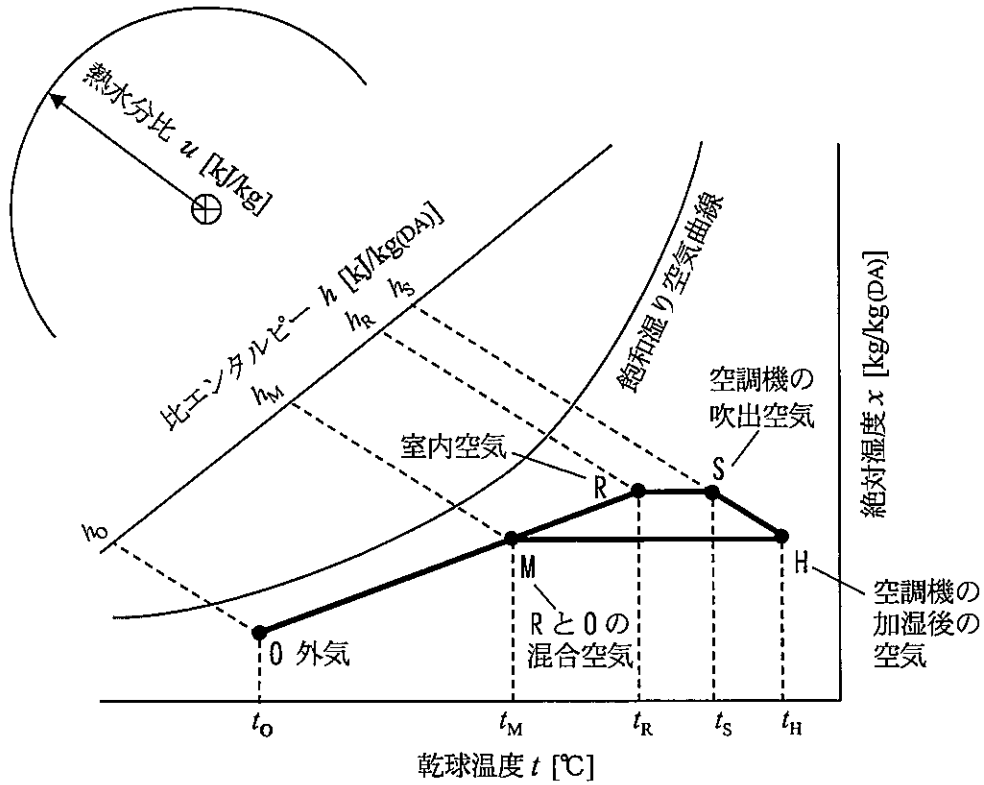


図1 暖房時の空調プロセス (水噴霧加湿)

- 1) 空調機の吹出し温度差は、乾球温度の線上で [°C] で表される。
- 2) 空調機のコイルの加熱負荷は、比エンタルピーの線上で [kJ/kg(DA)] となる。
- 3) 図中の左上の熱水分比 u は、暖房時の加湿の検討に用いられる。これは の変化量と絶対湿度の変化量の比を示す値である。

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ア $h_R - h_M$ | イ $h_R - h_O$ | ウ $h_S - h_M$ | エ $h_S - h_R$ |
| オ $t_S - t_M$ | カ $t_S - t_O$ | キ $t_S - t_R$ | ク 乾球温度 |
| ケ 顕熱量 | コ 絶対湿度 | サ 比エンタルピー | |

(工業炉、熱設備材料－選択問題)

問題 17 次の各文章の ～ の中に入れるべき最も適切な字句等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 は複数個所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計 40 点)

(1) 工業炉について考える。

1) 工業炉を加熱するための熱源で分類すると、燃焼炉と電気炉に分けられる。

i) 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、 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触れないように加熱する間接加熱方式がある。直接加熱方式では、燃焼ガスの流れを利用して による加熱を促進することができ、特に低温度域での均一加熱にはこの による加熱が有効に働く。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 加熱や光輝熱処理、浸炭などの雰囲気中での熱処理に広く用いられる。

< ～ の解答群 >

ア トレイ イ マッフル ウ 蓄熱体 エ 酸化 オ 無酸化
カ 誘導 キ 対流 ク 伝導

ii) 電気炉による加熱は、燃焼炉と比べて効率のよい加熱が可能で、 制御が容易であるなどの特長がある。

< の解答群 >

ア 圧力 イ 温度 ウ 流量

2) 工業炉を操業方式で分類すると、バッチ式と連続式に大別することができる。

バッチ式は、被加熱材料を炉内に装入して炉内に保持して処理の完了後に取り出す方式である。したがって、加熱温度や雰囲気条件を変える必要がある場合には、タイムスケジュールに応じて炉の温度や雰囲気条件を変える必要がある。

連続式は、一般に被加熱材料を炉の一方の口から連続的に投入し、炉内通過時に加熱や加熱・冷却して他方の口から取り出す方式で、被加熱物の炉内搬送を伴う。この搬送方式には、被加熱物を直接又は搬送台に搭載して、炉外部から押し込んで炉内を移送させる [5] 形、炉内に設置したコンベアによって移送させるコンベア形、連続した帯状の薄鋼板ストリップや線材を移送させる [6] 形などがある。[6] 形の場合、温度や雰囲気条件を変える必要がある場合には、炉の長手方向を処理サイクルに合わせた [7] に分け、各 [7] ごとに温度や雰囲気条件を設定して所定速度で通過することで、所望のサイクルを与える。

〈 [5] ~ [7] の解答群 〉

- | | | |
|-------------|-----------|--------|
| ア ウォーキングビーム | イ ストランド | ウ プッシャ |
| エ メッシュベルト | オ リンクチェーン | カ 回転炉床 |
| キ ゾーン | ク 時間 | ケ 炉壁 |

3) 炉の省エネルギーを考える上で炉の操業で生じる損失熱を明らかにして、分析検討することは重要であり、炉への入熱量と炉からの出熱量の収支を計算する熱勘定の手法が用いられる。

例えば、鋼片加熱炉（燃焼炉）において、炉に供給される入熱量の大半は燃料の燃焼熱であり、炉から排出される出熱量は、加熱した被加熱物が持ち出す熱量が最も多く、次いで [8] が多くなることが熱勘定で明らかになる。

炉の性能を表すものとして、 $\frac{\text{有効熱}}{\text{供給熱}} \times 100 [\%]$ で表される指標は [9] と呼ばれ、この値が大きいほど性能は良いことになる。

〈 [8] 及び [9] の解答群 〉

- | | | |
|----------|-------------|------------|
| ア 原単位 | イ 熱効率 | ウ 燃料比 |
| エ 排ガスの顕熱 | オ 冷却水の持ち去る熱 | カ 炉体からの放散熱 |

問題 17 は次の頁に続く

(2) 各種の耐火物及び断熱（保温）材について考える。

1) れんが表面の温度が急激に上昇すると熱応力が生じることにより、レンガ表面に変形や亀裂などが発生して脱落等の危険を生じることがある。れんがが、このような急加熱や急冷却に対して安定した性質を有することを、耐 性に優れているという。

2) けい石れんがは を主成分としており、機械的強度が高く圧縮荷重をかけて加熱した場合、最初に膨張してその後収縮を始める荷重軟化始発点が [°C] 以上と、使用中に収縮しにくい特長を有する。

< ~ の解答群 >

- | | | |
|----------|---------|---------|
| ア 980 | イ 1280 | ウ 1580 |
| エ シリカ | オ ドロマイト | カ マグネシア |
| キ スポーリング | ク 硬化安定 | ケ 熱拡散 |

3) アルミナ粉末とシリカ粉末を一定の割合で混合して2000℃以上の高温で熔融し、繊維化して製造した は、他の断熱材と比べて断熱性が高く軽量で蓄熱量が少ないため、省エネルギー性に優れた炉材である。しかし、気孔率や比表面積が大きいため浸食を受けやすい。特に、 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ので注意が必要である。

4) 保温材として600℃以下の温度域では ウールが使用され、さらに低い温度ではグラスウールが使用される。また、配管などの保温施工では保温材中に が浸入すると、それが伝熱媒体となって保温材の断熱性を著しく損なうので注意が必要である。

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|-------------------|-------------|----------|----------|
| ア CO ₂ | イ アルカリ金属 | ウ ウレタン | エ キャスタブル |
| オ セメント | カ セラミックファイバ | キ ポリエチレン | ク ロック |
| ケ 鉄 | コ 銅 | サ 粉塵 | シ 水 |

(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 次の各文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句等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 は複数個所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計 40 点)

(1) 蒸留に関する基礎的事項について考える。

1) 定圧下における 2 成分系の気液平衡は、通常、横軸に 成分のモル分率、縦軸に をとった沸点・露点曲線を用いて表す。あるいは、横軸に液相内における のモル分率 x 、縦軸に気相に対する 成分のモル分率 y をとった x - y 曲線が用いられる場合もある。

2) 蒸留の場合、投入された加熱量の総和によって、残留する液量と液組成及び蒸気組成は時々刻々変化する。任意の時刻における残留する液量と液組成との間には の式と呼ばれる関係式が成り立っている。

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|--------|--------|--------|---------|
| ア ダルトン | イ ラウール | ウ レイリー | エ フラッシュ |
| オ 単 | カ 多段連続 | キ 温度 | ク 揮発度 |
| ケ 分圧 | コ 高沸点 | サ 低沸点 | |

3) 多段連続蒸留では、還流比を小さくすると、必要な理論段数は する。

4) 蒸留装置で、気液の接触を行わせる部分をインターナルと呼び、小口径（塔径 < 800 mm）の蒸留塔では が、大口径（塔径 > 800 mm）の蒸留塔では が適用される場合が多い。

< ~ の解答群 >

- | | | | | |
|-------|--------|-----|------|------|
| ア トレイ | イ 充てん物 | ウ 膜 | エ 減少 | オ 増加 |
|-------|--------|-----|------|------|

(2) 乾燥装置に関する基礎的事項について考える。

1) 湿量基準の含水率 W_w と乾量基準の含水率 W_d の間には の関係式が成り立つ。

2) 定率乾燥期間における乾燥速度 R_A は、材料温度を T_m 、熱風温度を T 、熱伝達率を α 、温度 T_m のときの蒸発潜熱を r とすると、式 $R_A =$ で表される。

< 及び の解答群 >

ア $W_w = \frac{1+W_d}{W_d}$	イ $W_w = \frac{W_d}{1+W_d}$	ウ $W_w = \frac{W_d}{1-W_d}$	エ $W_w = \frac{1+W_d}{1-W_d}$
オ $\frac{\alpha}{r}T$	カ $\frac{\alpha}{r}T_m$	キ $\frac{\alpha}{r}(T-T_m)$	ク $\frac{\alpha}{r} \frac{T \cdot T_m}{T-T_m}$

3) 乾燥操作では、まず材料の温度を初期温度（室温）から乾燥条件によって定まるある平衡温度になるまで予熱する（材料予熱期間）。このとき、温度を平衡温度にするまでに材料に与えた熱を Q_H とする。次は定率乾燥期間で、材料温度は一定のまま、水分の蒸発が進み含水率が 含水率になるまで低下していく。このとき、材料中の水分を蒸発させるのに必要な潜熱を Q_E とする。含水率が 含水率になるまで乾燥させるのに必要な熱は $(Q_H + Q_E)$ で、乾燥装置に加えられた熱を Q とすると、熱効率 η は次式で与えられる。

$$\eta = \frac{Q_H + Q_E}{Q}$$

< の解答群 >

ア 限界 イ 定率 ウ 平衡

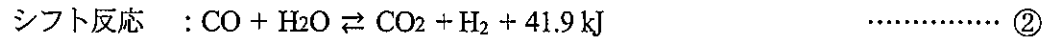
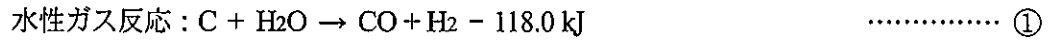
4) 乾燥装置は受熱方式によって、熱風を直接乾燥機に送り込む [11]、主として金属壁などを通して熱源から被乾燥材料に間接的に熱を与える [12] や、電磁波によるエネルギー照射である [13] による方式などに分類される。

5) [11] 乾燥装置は、熱風の持ち出し顕熱が多いため、熱効率が低く、箱形乾燥機では熱効率は 20～40% である。乾燥の省エネルギー対策としては、まず、前工程で、[14] により、できる限り低含水率にしておくことが重要である。次に、熱風の持ち出し顕熱を少なくするため、排出熱風を [15] して熱効率を向上させる。また、排出熱風の熱を回収し、乾燥用空気、被乾燥物及び燃料の予熱に利用する等の方法がある。

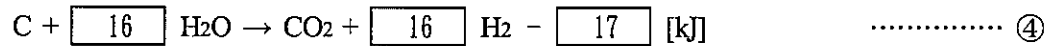
< [11] ～ [15] の解答群 >

- | | | |
|--------------|---------------|---------|
| ア 加圧 | イ 加熱 | ウ 循環 |
| エ 真空乾燥 | オ 赤外線やマイクロ波照射 | カ 超音波照射 |
| キ 超臨界乾燥 | ク 伝導受熱式 | ケ 熱風受熱式 |
| コ 脱水剤投与 | サ 膜分離 | シ 溶剤抽出 |
| ス ろ過・圧搾・遠心脱水 | | |

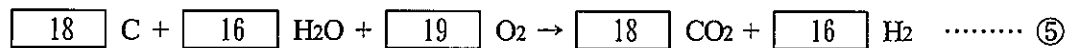
(3) 炭素 (C) を用いて水素 (H₂) を生産するプロセスとして、水性ガス反応とシフト反応を組み合わせて炭素を全て CO₂ とし、そのガス化に必要な反応熱を、炭素の一部を燃焼させて供給するプロセスを考える。



1) 水性ガス反応とシフト反応を組み合わせて炭素を全て CO₂ としたときの総括反応式は、次のように表される。



2) 式④の反応の反応熱をガス化剤として水蒸気と共に酸素 (空気) を送り込み、式③の燃焼熱で供給する (部分燃焼法)。このとき、反応器からの熱損失はなく、また、予熱に必要な顕熱及び潜熱は無視すると、総括の反応式は次式で与えられる。



< $\boxed{16}$ ~ $\boxed{19}$ の解答群 >

ア 0.19 イ 0.81 ウ 1 エ 1.19 オ 1.62 カ 1.81
 キ 2 ク 3 ケ 76.1 コ 118.0 サ 159.9

(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、解答群の字句等（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。なお、下位の桁の値が「0」となる場合にも0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、解答すべき数値を求める過程の計算においても、必要となる桁数には十分配慮し、「解答として最後に四捨五入した数値」が、「解答が求める最小位まで有効な値」となるようにすること。

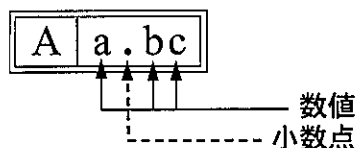
(2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、必要に応じて四捨五入後の数値ではなく、四捨五入前の数値を用いて計算することなど、(1)の計算条件を満足すること。

(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、(1)の「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。」の計算条件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 $\pi = 3.1415...$ 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)

6.795...
↓ 四捨五入
6.80

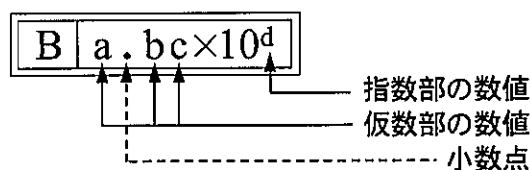
(解答)

「680」を
塗りつぶす ⇒

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

「解答例 2」

(設問)



(計算結果)

9.183... × 10²
↓ 四捨五入
9.18 × 10²

(解答)

「9182」を
塗りつぶす ⇒

B			
a	b	c	d
0	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

(裏表紙)