

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

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	9～15 ページ

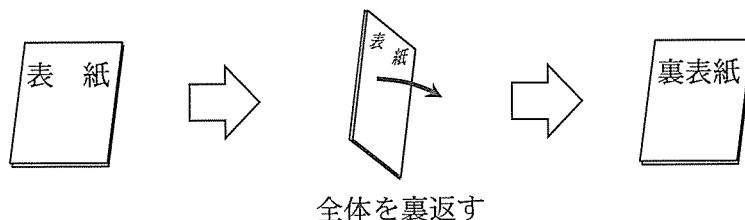
次の問題15から問題18までは、4問題中2問題を選択して解答すること。

選択 問題15	熱交換器・熱回収装置	} 2問題を選択	17～20 ページ
選択 問題16	冷凍・空気調和設備		21～25 ページ
選択 問題17	工業炉、熱設備材料		26～29 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 次の各文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句、数値、式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。(配点計 50 点)

(1) 測定器を用いてある物理量を測定するとき、測定値と真の値との間に誤差を生じる。誤差の原因としては、測定の原理・方法、測定装置、測定条件や環境、測定者によるものがある。

これらの誤差はいくつかの種類に分類される。このうち、「測定結果に偏りを与える原因により生ずる誤差」は 誤差である。「突き止められない原因によって起こり、測定値のばらつきとなって現れる誤差」は 誤差である。

誤差があらかじめ推定できる場合は、補正するなどして誤差の原因をできるだけ取り除いた上で測定を精密に行い、十分な回数の測定を行った上でその平均値をとることなどで、真の値の推定値の精度を高めることができる。測定回数が十分であれば、これらの誤差によって測定値は図のように分布することになる。この分布は統計学において 分布と呼ばれている。

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|--------|------|------|------|
| ア カイ二乗 | イ 系統 | ウ 偶然 | エ 指数 |
| オ 正規 | カ 丸め | | |

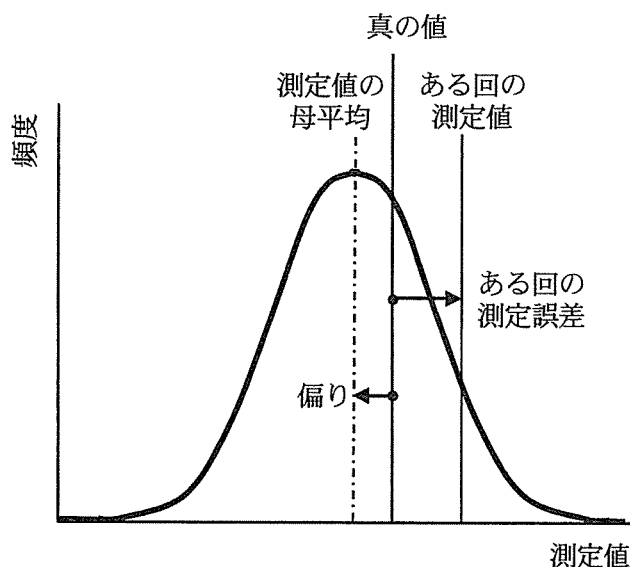


図 測定値の分布

(2) 熱電対を用いて温度を測定する際には、次のような誤差となる要因について十分に注意を払う必要がある。

1) 炉内温度や配管内の流体温度などを測定する場合、装置や配管などへの熱電対の挿入長さが短いと、熱電対の測温接点の温度は保護管が接する壁や外界との熱伝導の影響を受けて、測定対象の温度に対して誤差を生ずる。誤差を少なくするためには、配管に挿入する場合は曲がり部分を利用するなど、一般に、金属の保護管では保護管外径の15～20倍の長さを挿入するとよい。一方、非金属の保護管では、誤差が同程度となる場合の挿入長さは、金属の保護管と比べて 。

2) 熱電対を用いて物体の表面温度を測る場合には、測定対象に測温接点を確実に接触させることや、熱電対によって測定対象の温度が変わってしまうようなことがないように十分注意して測温接点を取り付けることが、誤差を少なくすることにつながる。

測定対象の温度は、熱電対を通して外界などとの熱の授受が生じることにより変化し、一般に、測定対象の熱容量や熱伝導率が ほど、熱電対の熱容量や熱伝導率が ほど測定対象の温度に影響を与えやすい。

物体の表面温度が一様な場合に、より正確な表面温度を測定するには、できるだけ細い熱電対を用いて熱電対を測定対象の表面に ことにより熱電対素線内の測温接点近傍の温度勾配を小さくすることなどが有効である。

< ～ の解答群 >

- | | | | |
|--------|----------|-----------|--------|
| ア 長くなる | イ 短くなる | ウ 同程度となる | エ 小さい |
| オ 大きい | カ 接触させない | キ 点で接触させる | ク はわせる |

問題 11 の (3) 及び (4) は次の 3 頁及び 4 頁にある

(3) 流れの中の物体の下流側に発生した渦から、流体の流量を計測する流量計を渦流量計という。

1) 流れの中に柱状の物体を置くと、ある流速の範囲ではこの物体の下流側には 列の渦が発生し、この渦はカルマン渦と呼ばれる。カルマン渦の発生周波数は、流れの中にある振動現象の周波数に関する無次元量であるストローハル数と関係があり、ストローハル数 St は、渦発生体の幾何学的寸法 d 、渦発生の周波数 f 及び流速 v を用いて次式で表される。

$$St = \text{ }$$

渦流量計は、ストローハル数 St がレイノルズ数のある範囲において ことを利用して、周波数 f を測定することにより流速を求めている。

< ~ の解答群 >

- | | | |
|----------|-------------------|---------------------|
| ア 1 | イ 2 | ウ 3 |
| エ fvd | オ $f \frac{d}{v}$ | カ $f \frac{d}{v^2}$ |
| キ 一定値となる | ク レイノルズ数に比例する | ケ レイノルズ数に反比例する |

2) 渦流量計の特徴としては次のような点が挙げられる。

- ① 構造が簡単で安価である。
- ② 可動部が無く保守が容易である。
- ③ 差圧式流量計と比較すると圧力損失は 。
- ④ レイノルズ数が過小な場合は渦が発生しないか又は不安定になる。

< の解答群 >

- | | | |
|-------|-------|---------|
| ア 小さい | イ 大きい | ウ 同等である |
|-------|-------|---------|

(4) 圧力計には液柱式圧力計やブルドン管圧力計など種々の方式がある。

1) 両端が開放された U 字形の管に液体を入れ、一端に圧力を加えると、管内の液体は押されて移動し、二液面間の液位差と加えた圧力がバランスしたところで停止する。この原理を利用して液位差から圧力を求めるのが液柱式圧力計である。

管の端 1 に圧力 p を加え、端 2 を大気に開放したとき、液位差が示す圧力の測定値は と呼ばれる。標準気圧の大気中で管の端 1 側の液面が端 2 側の液面よりも低くなり、液位差が示す圧力の値が 0.01 MPa と読み取れる場合、圧力 p は絶対圧で [MPa] である。

< 及び の解答群 >

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ア 0.01 | イ 0.09 | ウ 0.11 | エ 0.99 | オ 1.01 |
| カ ゲージ圧 | キ 絶対圧 | ク 全圧 | | |

2) 配管などの圧力測定に用いられているブルドン管は、 式圧力計の一種である。断面が楕円型などの扁平な断面を持つ管の一端を閉じ、C 字形・渦巻き形・つる巻き形などの形に巻き、他端から圧力を加えると、巻かれた管はほどける方向に動く。ブルドン管圧力計はこのことを利用しており、閉じた先端の変位量はほぼ する。

ブルドン管圧力計は構造が簡単で比較的安価で製作でき、管の材料・寸法を選べば非常に広い範囲の測定が可能である。また、測定に当たって外部からのエネルギーは必要としない。

< 及び の解答群 >

- | | | |
|--------------|----------|-------------|
| ア ダイアフラム | イ ベローズ | ウ 弾性 |
| エ 圧力に比例 | オ 圧力に反比例 | カ 圧力の平方根に比例 |
| キ 圧力の平方根に反比例 | | |

(計測及び制御)

問題12 次の各文章の [1] ~ [18] 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] 及び [13] は3箇所、[3]、[4] 及び [11] は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計 50 点)

図は水管ボイラの制御系を示したものである。水管ボイラは、燃焼熱を発生する火炉と水管群やドラムのボイラ本体から構成されている。ボイラは燃焼、伝熱、圧力及び温度などの変化が同時並行し、関連しながら蒸気を発生するため、多変数制御系とみることができる。

その主な制御としては、蒸気需要の変動により変化するドラム圧力を一定に保つ「圧力制御」とドラム液面を維持する「液面制御」がある。

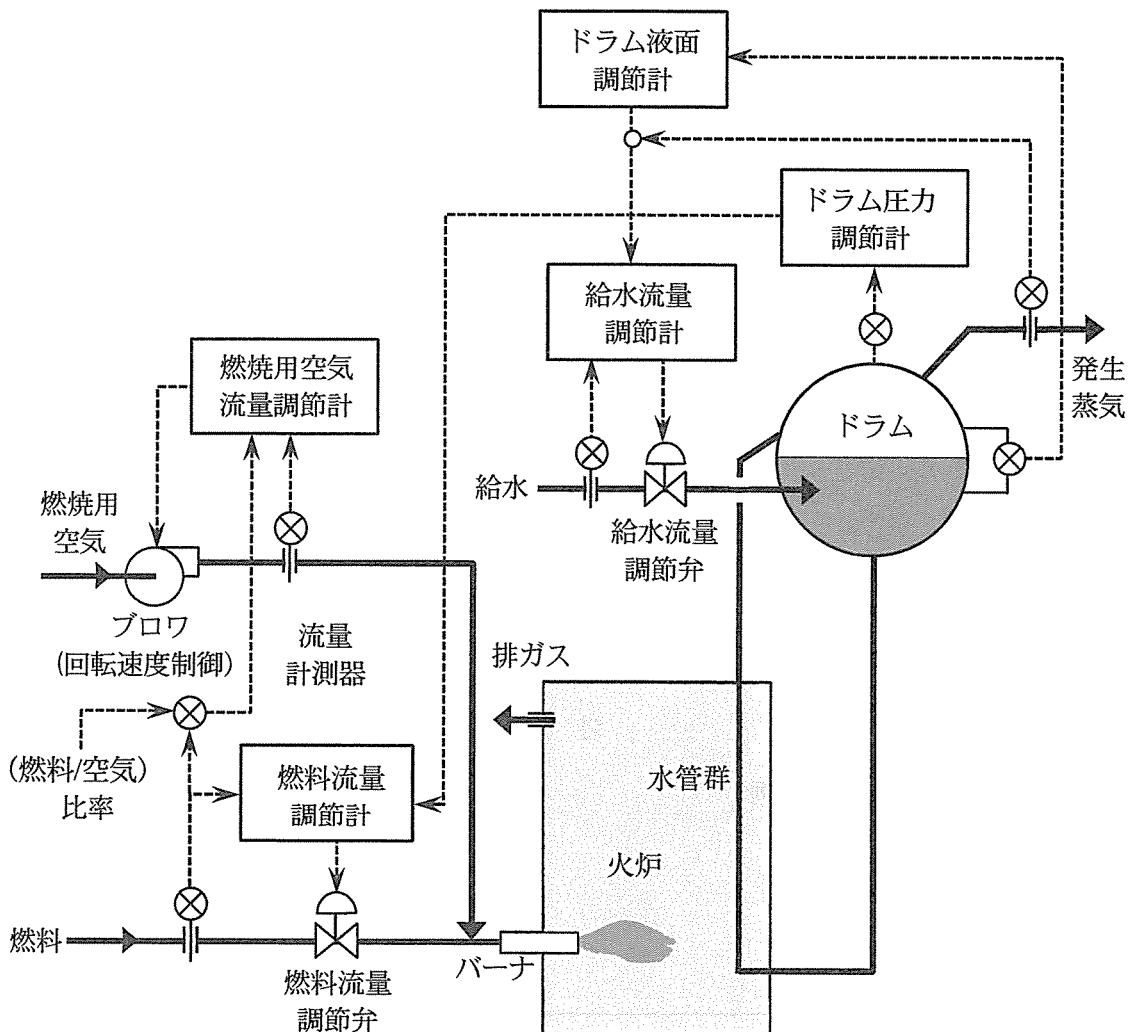


図 水管ボイラの制御系

1) ドラム圧力制御では、火炉の燃焼量を増減することによりドラム圧力を一定としている。具体的には、ドラム圧力調節計の出力により燃料流量調節計の設定値を与えている。このような調節計の階層構造を [1] と呼ぶ。ここで、ドラム圧力調節計を [2] 調節計、燃料流量調節計を [3] 調節計と呼ぶ。

また、[1] を採用することにより、燃料系の供給圧の変動といった外乱を [3] 調節計で吸収することにより、それがドラム圧力の変動に及ぶことを防止できる。

2) 燃焼においては、燃焼用空気を過大に供給すると排ガス量が増え、排ガスの持ち出す熱損失が増大する。そこで適正な空気比になるように、[4] を適用することにより燃焼用空気量を調節している。

こういった [1] や [4] は一般に、目標値が時間とともに変化する [5] の中の一つである。

< [1] ~ [5] の解答群 >

- | | | |
|-----------|---------------|-----------|
| ア カスケード制御 | イ フィードフォワード制御 | ウ プログラム制御 |
| エ 追値制御 | オ 比率制御 | カ 一次 |
| キ 二次 | ク 主 | ケ 副 |

3) 燃焼用空気は、ブロワにより送気される。その流量を制御するのに、一般にはブロワの [6] で調整することが多いが、この図の例ではブロワ動力の低減を図るため、広範な流量で低減効果が最も優れるとされるブロワの回転速度制御による流量調整方式が適用されている。電動ブロワの回転速度制御には [7] が一般的に使用される。

< [6] 及び [7] の解答群 >

- | | | |
|---------|---------|-------|
| ア インバータ | イ コンバータ | ウ ベーン |
|---------|---------|-------|

問題 12 の 4) 及び 5) は次の 7 頁及び 8 頁にある

4) 水管ボイラのようにドラムで保持するボイラ水の容量が小さい場合、蒸気負荷が急激に増えたときに、ドラム圧力が下がり、その結果、ボイラ水中の気泡が増え、一時的にドラム水位が上がり、その後下降する [8] 現象が見られる。一時的な水位上昇に対して液面制御で給水流量を絞ってしまうと、その後の水位の下降に追従できずドラム水位が大きく乱れる。その対策として、給水流量と [9] 流量の差分と、ドラム水位設定値とドラム水位計測値の差分の二つの偏差を小さくするように給水流量を制御する [10] 制御が適用されている。

〈 [8] ~ [10] の解答群 〉

ア 単要素	イ 2要素	ウ 3要素	エ 一次遅れ
オ 二次遅れ	カ 逆応答	キ 燃料	ク 発生蒸気

5) ドラム圧力制御やドラム液面制御等のフィードバック制御の調節計には、一般にPIDアルゴリズムが適用される。

i) PID制御のP動作とは [11] 動作のことで、偏差に [11] した制御出力を出す。P動作の調整パラメータ PB (%表示) は [12] と呼ばれる。制御アルゴリズムとしてP動作だけを使用した場合に、目標値と制御量の最終値に差が残ることがある。これを [13] という。

ii) [13] を解消するには、[14] 動作を加える必要がある。その調整パラメータ T_i は [15] と呼ばれる。 T_i を小さくしていくと [13] は速く解消できる。

iii) 一方、制御量が増加したときに、その変化速度に比例した出力を出すのが [16] 動作であり、その調整パラメータ T_d は [17] と呼ばれる。

〈 [11] ~ [17] の解答群 〉

ア オーバーシュート	イ オフセット	ウ 加算	エ 積分
オ 微分	カ 比例	キ 反比例	ク 遅れ時間
ケ 進み時間	コ 積分時間	サ 微分時間	シ むだ時間
ス 時定数	セ 比例帯		

iv) PID 動作のラプラス変換表示は、これらの調整パラメータを使用して 18 と表示される。

〈 18 の解答群 〉

ア $\frac{PB}{100} \times \frac{1+T_d s}{1+T_i s}$

イ $\frac{100}{PB} \times \frac{1+T_d s}{1+T_i s}$

ウ $\frac{PB}{100} \times \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s\right)$

エ $\frac{100}{PB} \times \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s\right)$

(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、数値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、 及び は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

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)

(1) ボイラの形状を主とした分類とその特徴について考える。

1) ボイラは、本体の構造形式により、大きくは次の①～③に分類される。

- ① 本体が径の大きな円筒形の胴からなる
- ② 径の小さな多数の水管によりボイラを構成する水管ボイラ
- ③ 排熱を回収して熱源としたり、特殊燃料を用いたりする特殊ボイラ

2) は、円筒形のドラムの内部に、燃焼室としての炉筒や などの伝熱面を配置した構造のボイラである。

このボイラの長所としては、次の①～③が挙げられる。

- ① 多数の を用いることで、多くの伝熱面積を確保でき、高い熱効率が得られる。
- ② 構造が簡単であり、取扱いも容易である。
- ③ ボイラ内に多くの飽和水を保持していることから、蒸気要求量が多少急増しても、 の低下が小さい。

一方、短所としては、ボイラ内の保有水量が多いため、 ことが挙げられる。

< ～ の解答群 >

- | | | |
|------------------------|---------|--------|
| ア ドラフト | イ 煙管 | ウ 上昇管 |
| エ 蒸発管 | オ 給水温度 | カ 蒸気圧力 |
| キ 循環ボイラ | ク 鋳鉄ボイラ | ケ 丸ボイラ |
| コ ボイラ水の濃縮比が大きく水質管理が厳しい | | |
| サ ボイラ内の水循環性が悪く過熱損傷が多い | | |
| シ 始動から所定の蒸気発生までに時間がかかる | | |

3) ドラム式の水管ボイラの主な特徴については、次に示すとおりである。

- ① ドラム内に炉筒はなくドラム径が小さいので、ドラム製作が容易で、ドラムの厚肉化を伴う蒸気の 化に適する。
- ② 水管はドラムの外に配置できるため、管本数を増やすことが容易なので、 のボイラに適する。
- ③ 負荷変動により蒸気圧力やドラム水位が変動し易いので、これらの制御には応答の速い燃焼制御及び を必要とする。

〈 ~ の解答群 〉

- | | | | |
|--------|---------|--------|--------|
| ア 給水制御 | イ 周波数制御 | ウ 台数制御 | エ 電圧制御 |
| オ 高圧 | カ 低圧 | キ 高効率 | ク 高純度 |
| ケ 大容量 | | | |

問題 13 の (1) 4) 及び (2) は次の 11 頁及び 12 頁にある

4) 特殊ボイラには、他の設備の排ガスからの熱回収を行う排熱回収ボイラ、特殊燃料に対応できる流動層ボイラや、水の代わりに特殊な熱媒体を使うボイラなどがある。

i) ガスタービンと蒸気タービンの複合サイクル発電所において、ガスタービンの排ガスから熱回収することにより蒸気を発生し、この蒸気を蒸気タービンの駆動用に供給しているため排熱回収ボイラは、複合サイクル発電としての高効率化には不可欠である。ガス燃料を用いたガスタービンの排ガスはクリーンであるため、そのような排ガスから熱回収するボイラでは、ガス側の熱抵抗を減らしコンパクト化を図るため、伝熱管には が採用されている。

< の解答群 >

ア フィン付き管

イ ライフル管

ウ 継目無し管

ii) 流動層ボイラは、燃焼室において流動媒体として、一般に を使用し、燃焼室底部より を導入することにより、流動層を形成して燃焼を行うものである。流動媒体を用いて燃焼することで、固体燃料の石炭の他、植物由来のバイオマス燃料や工場における製造プロセスの副生物など、幅広い燃料に適用できる。また、環境面では、燃焼室に を投入することにより、炉内で脱硫ができることや、炉内温度が一般に850～900℃と低く維持されることから、 の発生が少ないのも特長である。

< ～ の解答群 >

ア PM2.5

イ アミン系吸収材

ウ 硫黄酸化物

エ 窒素酸化物

オ 活性炭

カ けい砂

キ 石灰石

ク 石炭灰

ケ 鉄粉

コ 燃焼用空気

サ 燃料

シ 燃料添加剤

(2) ある工場のボイラで、過熱蒸気 100 t/h を発生させている。ボイラへの給水圧力は 13 MPa、給水温度は 180 °C、発生する過熱蒸気の圧力は 12 MPa、温度は 542 °C であり、そのときのボイラ効率（低発熱量基準）は 90.0% であった。使用する燃料の低発熱量を 41.0 MJ/kg とし、蒸気表を用いて 1) ~ 4) を計算する。ただし、有効出熱は発生蒸気のみで、入熱は燃料からのみ供給されるものとする。

- 1) 給水温度が 180 °C のときに蒸気発生に使用された燃料消費量は、 $\boxed{A \mid a.b} \times 10^3$ [kg/h] となる。
- 2) 次に、工場内の他のプロセスからの排熱利用により給水温度を 16 °C 上昇させることが可能となった。ボイラ排ガス温度などの他の条件に変化はないものとする、このときの燃料消費量は、 $\boxed{B \mid a.b} \times 10^3$ [kg/h] となる。
- 3) 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とし、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、蒸気圧力の低下は無視できる程度であったが、蒸気温度は 2 °C 低下した。蒸気表を用いて、蒸気配管での放熱損失を計算すると、 $\boxed{C \mid a.b} \times 10^5$ [kJ/h] となる。
- 4) 給水温度を 16 °C 上昇させた後のボイラ入熱に対する蒸気配管での放熱損失の割合を求めると、 $\boxed{13}$ [%] の損失となることが分かる。

表 圧縮水と過熱蒸気表（抜粋）

圧力 [MPa]	温度 [°C]	比エンタルピー [kJ/kg]
13	180	769.4
	196	839.7
12	540	3455.8
	542	3461.0

< $\boxed{13}$ の解答群 >

ア 0.18

イ 0.23

ウ 0.28

(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 箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計 50 点)

(1) 発電用の蒸気タービンの仕組み、性能及び運転管理について考える。

1) 発電用蒸気タービンでは、負荷の変動に係らず常に所定の回転速度となるように、蒸気加減弁の開度を変えて蒸気流量を調整するシステムがあり、これを という。

このシステムにより回転速度を一定に制御しているが、タービンの運転中に負荷が遮断され、定格負荷から無負荷まで急に変化した場合には、蒸気加減弁が急速に絞られても回転速度は増加する。

「定格負荷から無負荷まで変化させて整定したときの回転速度変化量」の「定格回転速度」に対する比を、 といい、この値は通常 [%] となるように設計、調整される。

〈 ～ の解答群 〉

ア 3～5 イ 6～8 ウ 9～11 エ スラスト保護装置
オ 调速装置 カ 負荷制限器 キ 整定速度調定率 ク 整定負荷率

2) 発電用蒸気タービンの性能を表す指標の中で、「発電電力 [kW]」に対する「これを発生させるために必要な蒸気量 [kg/h]」の比で示したものを という。この比の逆数は、単位蒸気量当たりの発電電力を示し、「断熱熱落差 × × 発電機効率」で表される。

3) 蒸気タービンの経年劣化の一因として、ボイラや蒸気管などからはく離した蒸気中の酸化スケールの飛来に伴う翼の が挙げられる。経年劣化を把握、評価して経済性及び信頼性の維持を図ることが大切である。

〈 ～ の解答群 〉

ア タービン効率 イ タービン内部効率 ウ 換算蒸発量 エ 蒸気消費率
オ 熱消費率 カ 高温腐食 キ 浸食 ク 疲労

(2) 容積形の内燃機関は、シリンダ内の燃焼ガスが膨張することによる往復動を回転運動に変換して軸動力を取り出す構造を持つものである。ここで、容積形内燃機関における熱効率改善及び構造上の課題について考える。

1) 容積形内燃機関の熱効率向上に関する課題には、燃焼で生成される作動ガスのエネルギーが最も効果的に動力に変換されるような [7] の選定、シリンダ内壁から冷却水に逃げる [8] の低減、及び往復動に伴う摩擦損失の低減などが挙げられる。その他に、排ガスの残存をなくすような [9] の向上とともに、シリンダへの吸気充填性の向上も熱効率向上に必要である。

また、容積形内燃機関の発電への応用では、排ガスや冷却水が持ち去る [8] を有効活用する手段を組み込んだ、例えば [10] 方式の採用などが考えられる。

< [7] ~ [10] の解答群 >

- | | | |
|--------------|--------------|----------|
| ア コージェネレーション | イ コンバインドサイクル | ウ リバワリング |
| エ 回転損失 | オ 機械損失 | カ 熱損失 |
| キ 過給効率 | ク 掃気効率 | ケ 内部効率 |
| コ 還元タイミング | サ 燃焼タイミング | |

2) 容積形内燃機関の構造上の課題は、往復動から回転運動に変換して軸動力を取り出す必要があることから、振動等への対策が必要となることである。そのため、複数の気筒を持つエンジンで各ピストンの [11] を変えたり、防振効果のある基礎に固定して使用したりするなどの工夫が必要となる。また、急激な動力の変動を防ぐために、 [12] を設けたりすることが行われる。

< [11] 及び [12] の解答群 >

- | | |
|--------------|-------------|
| ア コネクティングロッド | イ フライホイール |
| ウ サージタイミング | エ 作動行程タイミング |

問題 14 の (3) は次の 15 頁にある

(3) ガスタービンに関連したサイクル、主要構成及び保守管理について考える。

1) ガスタービンの理論サイクルは、 サイクルである。理論サイクルでは損失はないが、実際のガスタービンのサイクルでは圧縮機内部損失、 内部損失、圧力損失、熱損失、機械損失等の影響を受ける。

2) ガスタービンと蒸気タービンを用いたコンバインドサイクル発電において、複数台のガスタービンと1台の蒸気タービンにより構成されているシステムでは、ガスタービンの台数分の蒸気が得られ、蒸気タービンの容量を大きくすることにより高負荷帯での高効率化を図ることができる。一方で、部分負荷調整やメンテナンス時の運転が難しいため 運用に適しているといえる。

< ~ の解答群 >

ア	オットー	イ	サバテ	ウ	ブレイトン	エ	ベース
オ	ミドル	カ	タービン	キ	ポンプ	ク	過給器

3) 内部が1500～2000℃の高温となり火炎からの熱放射が大きくなる は、内筒が焼損し易いため冷却に工夫が必要である。また、広い負荷範囲にわたり安定した性能を確保しながらNO_x濃度も抑制する必要がある。近年特に注目されているNO_x低減化手法として、局所的な高温部が生じず均一な温度分布が得られる があるが、燃焼の安定する負荷範囲が狭くなる恐れがあるので注意が必要である。

4) タービン翼や などの高温の燃焼ガスにさらされる機器の高温部品では、運転時間の経過や起動停止の繰返しによって、クリープや に伴う損傷が進行する。このため、これらの機器の開放点検において必要と判断された部品は交換し、再使用可能なものは次回の点検までに補修するなどの対策が行われるが、これら高温部品の寿命消費の評価・管理が重要となっている。

< ~ の解答群 >

ア	圧縮機	イ	過給器	ウ	燃焼器	エ	希薄予混合燃焼法
オ	吸気冷却法	カ	表面燃焼法	キ	低温脆性 ^{ぜいせい}	ク	疲労

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、 及び は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

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 40 点)

- (1) 熱交換器とは、高温の流体と低温の流体の二つの流体間で熱の授受を行う装置である。
- 1) 熱交換器は、伝熱操作の方法により大きく隔壁式熱交換器と直接接触式熱交換器に分けられる。
- i) 隔壁式熱交換器は、熱交換する高温の流体と低温の流体が壁で仕切られているタイプの熱交換器で、熱交換する二つの流体の流動方向によって形式が分けられている。そのうち、両流体が同じ方向に流動するものを 形といい、二つの流体が逆の方向に流れるものを 形という。 形では、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り、 形では、両流体が相変化しない場合、低温側流体の出口温度を高温側流体の出口温度に対して である。

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|---------------|------|--------------|---------|
| ア 向流 | イ 層流 | ウ 直交流 | エ 直流 |
| オ 並流 | カ 乱流 | キ 大きくなる | ク 小さくなる |
| ケ 振動する | | コ 高くすることが可能 | |
| サ 同程度とすることが上限 | | シ 高くすることは不可能 | |

ii) 直接接触式熱交換器は、二つの流体があって、一方の流体を他方の流体中に噴霧したり開放したりすることで、両流体を直接接触させて熱交換する熱交換器である。直接接触式熱交換器の例としては、 などがある。

〈 の解答群 〉

ア ヒートパイプ イ ユングストローム熱交換器 ウ 開放型冷却塔

2) 熱交換器の交換熱量について考える。

熱交換部の熱通過率が一定の条件では、交換熱量（単位時間当たりの伝熱量） Q は次式で表される。

$$Q = (\text{熱通過率}) \times (\text{}) \times (\text{高温側流体と低温側流体との温度差})$$

二重管式の熱交換器において、「高温側流体と低温側流体との温度差」の温度差とは、 温度差のことである。

〈 及び の解答群 〉

ア 伝熱面積 イ 熱伝達率 ウ 汚れ係数 エ 算術平均
オ 対数平均 カ 両流体入口の キ 両流体出口の

問題 15 の (2) 及び (3) は次の 19 頁及び 20 頁にある

(2) 熱回収とは、排熱源であるガス、液体、固体から熱交換によって熱媒体に熱を移動させて、それを利用することである。

1) 加熱炉などの燃焼排ガスからの熱回収によって、燃焼用の空気を予熱するための熱交換器は と呼ばれ、プレート式、多管式やヒートパイプ式などがある。

ヒートパイプ式は、密閉容器内に作動流体が封入されていて、作動流体が容器内の一端で熱を受けて蒸発し、他端で放熱して凝縮する、この操作で熱を伝える熱交換器で、凝縮した作動流体を で外部動力なしに蒸発側に戻すために、容器の内壁に沿ってその通路となる が装着されているのが特徴である。

< ～ の解答群 >

- | | | |
|----------|-----------|---------|
| ア エバポレータ | イ ウィック | ウ ダクト |
| エ パイプ | オ レキュペレータ | カ 排熱ボイラ |
| キ 吸着現象 | ク 自然対流 | ケ 毛管現象 |

2) 排熱源が焼結鉬などの粒塊状の固体である場合の熱回収の例として、焼結排熱回収設備が挙げられる。この装置では、焼成後の高温の焼結鉬の に空気を吹き込んで焼結鉬を冷却するが、その昇温された空気を集めてボイラに送り、蒸気を発生させるものである。

3) スラリーやスラッジなどからの熱回収では、伝熱面に固形物が固着しないように などを設けている場合がある。

< 及び の解答群 >

- | | | |
|---------|---------|-------|
| ア サイクロン | イ スクレーパ | ウ ドレン |
| エ パッキング | オ 充てん層 | カ 流動層 |

(3) 二重管式熱交換器において、高温側の流体として比熱 $4 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ の温排水が、質量流量 $10 \text{ kg}/\text{min}$ 、入口温度 90°C で流入している。この温排水の熱を回収して温度が 20°C の水を温める排熱回収事例について考える。

なお、低温側の流体である水は、比熱 $4 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、質量流量 $10 \text{ kg}/\text{min}$ でこの熱交換器に流入している。ここで、両流体共にこの熱交換の温度範囲では相変化がなく、外部への熱損失はないものとする。

1) 高温側流体である温排水の温度効率を 45% 以上に維持するためには、温排水の出口温度を

A	ab.c
---	------

 $^\circ\text{C}$ 以下となるように管理すればよい。

2) このとき、すなわち高温側流体である温排水の温度効率が 45% のとき、低温側流体である水への伝熱量は、

B	ab.c
---	------

 $[\text{kW}]$ である。

3) この排熱回収の熱交換器を年間 1500 時間稼動させた場合、省エネルギー量は原油換算で

C	a.b
---	-----

 $[\text{kL}]$ である。ただし、原油換算係数は、 $0.0258 \text{ kL}/\text{GJ}$ とする。また、 1 GJ は $1 \times 10^9 \text{ J}$ である。

(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、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) 空調設備における省エネルギー対策に関する記述のうち、下線部の正誤について考える。

1) 熱源設備の運転管理における省エネルギーに関する次の①～③の記述のうち、下線部の記述が適正であるのは である。

- ① 冷水の定流量運転時に冷熱需要の減少に応じて、冷熱源の冷水入口温度を変えずに、出口温度を高くするように制御すれば、熱源の成績係数は向上する。
- ② 冷熱源への冷却水入口温度の制御を、期間ごとに変動させる方法から、定格条件で年間一定とする方法に変更すれば、熱源の期間成績係数は向上する。
- ③ 通風を妨げない程度の室外機への日よけの設置や室外機本体への散水は、一般に空冷式冷熱源の成績係数を向上させる効果がある。

2) 熱搬送設備の運転管理における省エネルギーに関する次の①～③の記述のうち、下線部の記述が適正であるのは である。

- ① 空調負荷変動が大きいビルで、一般に冷温水ポンプの搬送動力を抑えるためには、ポンプのインバータ制御や台数制御などは効果的な方法とされている。
- ② ポンプの搬送動力は、同じ搬送熱量では行き還りの温度差が大きいほど小さくなる。
- ③ 熱搬送系の配管方式は、一般に密閉式よりも開放式の方がポンプの搬送動力は小さくなる。

3) 空調の運転管理における省エネルギーに関する次の①～③の記述のうち、下線部の記述が適正であるのは である。

- ① 室内温度及び湿度は、年間一定に保つのが省エネルギーの点では最善である。
- ② 外気の比エンタルピーが室内設定値より高く、在室者がいない場合、冷房のウォーミングアップ時の省エネルギー対策の一つとして、空調機の外気カット運転が挙げられる。
- ③ 空調のスケジュール運転は、使用時間が決まっている部屋において、切り忘れなどによる無駄な空調エネルギー消費を低減するのに効果的である。

4) 冷房時の空調における省エネルギーに関する次の①～③の記述のうち、下線部の記述が適正であるのは である。

- ① フリークーリングは、外気温度が高いほど利用可能熱量が多くなる。
- ② 日射負荷の低減には、窓ガラスへの遮光フィルムの貼付や窓に設置したブラインドの活用などが効果的である。
- ③ ナイトパーズは、特に熱帯夜の省エネルギー対策として効果的である。

5) 空調用機器やシステムの導入における省エネルギーに関する次の①～③の記述のうち、下線部の記述が適正であるのは である。

- ① 空調機の送風量を負荷に応じて可変にする場合、最も送風機動力が少ない制御方法は吐出ダンパ制御である。
- ② 在室者に応じて外気導入量を自動制御する場合は、酸素濃度センサを用いることが多い。
- ③ 広いスペースの中の限定された作業エリアで作業者の環境確保のために空調する場合、一般に局所空調方式の方が全域空調方式より空調の使用エネルギーが低減する。

〈 ～ の解答群 〉

- | | | | |
|-------|-------|---------|-------|
| ア ①のみ | イ ②のみ | ウ ③のみ | エ ①と② |
| オ ①と③ | カ ②と③ | キ ①と②と③ | |

問題 16 の (2) 及び (3) は次の 23 頁～25 頁にある

(2) 図1及び図2は、空気線図上に暖房時の空気の状態変化を表したものである。

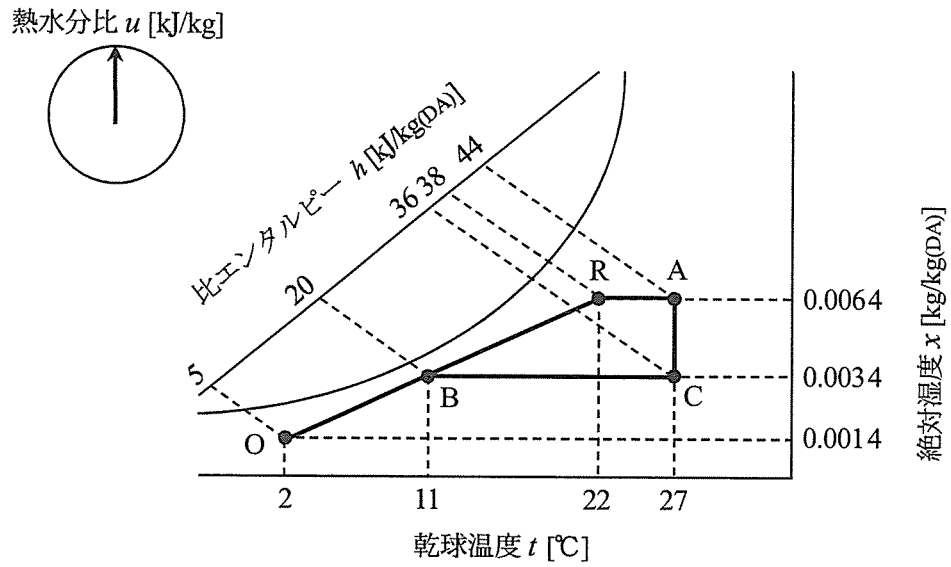


図1 暖房時の空調プロセス (1)

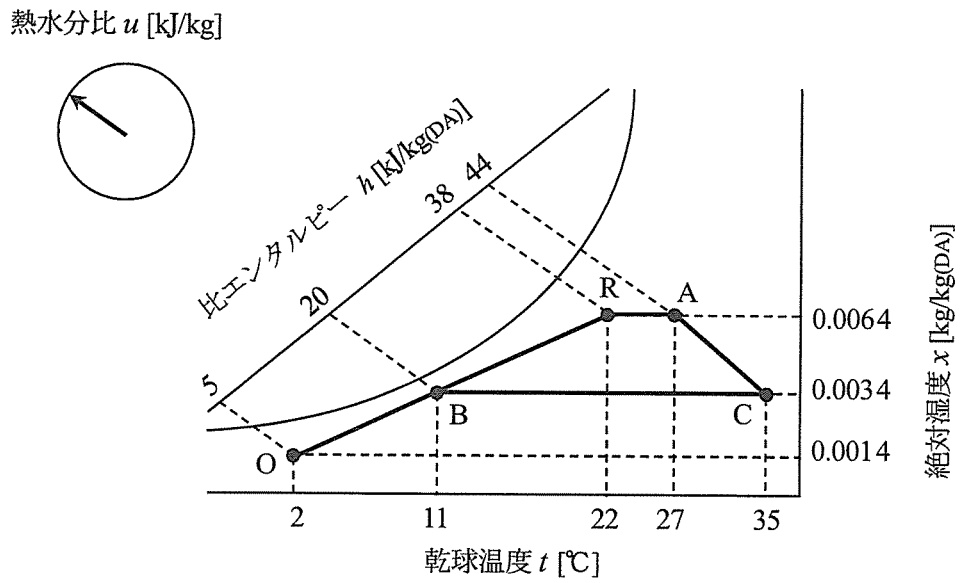


図2 暖房時の空調プロセス (2)

1) 空調プロセスを空気線図上で表すには、室内温湿度条件の R 点と外気温湿度条件の O 点を定め、この 2 点を線図上にプロットすることから始まる。図 1、図 2 共に室内からの還気すなわち R 点と、換気の目的で取り入れる外気すなわち O 点とを用いて の順にプロセスが進められている。

< の解答群 >

- ア 加湿 → 加熱 → 混合 イ 加湿 → 混合 → 加熱 ウ 加熱 → 加湿 → 混合
エ 加熱 → 混合 → 加湿 オ 混合 → 加湿 → 加熱 カ 混合 → 加熱 → 加湿

2) 図 1 と図 2 の違いは加湿方式の違いによるものであり、図 1 は 加湿、図 2 は 加湿の場合を示している。

< 及び の解答群 >

- ア 加熱式 イ 蒸気 ウ 水噴霧

3) ここで、室内への送風量を $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ 、空気の密度を $1.2 \text{ kg}/\text{m}^3$ とすると、蒸気加湿を行う場合の図の加熱コイル負荷は、 $[\text{kJ}/\text{h}]$ となる。

< の解答群 >

- ア 16 000 イ 19 200 ウ 24 000 エ 28 800 オ 33 000 カ 39 600

(3) 図3は、熱源設備の冷凍サイクルにおける冷媒の状態変化をP-h線図に示したものである。

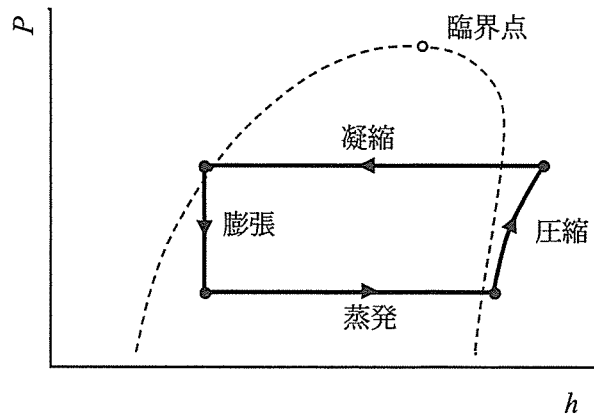


図3 冷凍サイクル

1) 図3のhは比エンタルピーであり、その値は冷媒の保有している を示している。

図の冷凍サイクルをヒートポンプとして用いることにより、サイクル内で熱を 部から 部に移動させ、暖房に用いることができる。これは冷凍サイクルの上では、蒸発温度を 部より低く、凝縮温度を 部より高く維持することによって、冷媒が 部から熱を奪い、 部に熱を放出するからである。

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|----------------------|---------------|----------------|------|
| ア 高温 | イ 低温 | ウ 常温 | エ 加温 |
| オ 全顕熱量 | カ 全潜熱量 | キ 全顕熱量と全潜熱量の合計 | |
| ク 単位質量当たりの顕熱量 | ケ 単位質量当たりの潜熱量 | | |
| コ 単位質量当たりの顕熱量と潜熱量の合計 | | | |

2) 図3に示す冷凍サイクルには、主に低温で蒸発する性質を持つ冷媒が用いられ、液→ガス→液というように循環利用される。現在、主に使用されている冷媒は、フロン系の代替冷媒で の値が零という特長を持つ である。ただし、この冷媒は の値が大きく、地球環境上は万全ではないため、新しい代替冷媒の実用化が急がれている。

< ~ の解答群 >

- | | | | | | |
|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| ア CFC | イ COP | ウ GWP | エ HCFC | オ HFC | カ ODP |
|-------|-------|-------|--------|-------|-------|

(工業炉、熱設備材料 - 選択問題)

問題17 次の各文章の [1] ~ [16] の中に入れるべき最も適切な字句、式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。

また、[A | ab.c] 及び [B | 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一つ下の位で四捨五入すること。(配点計40点)

(1) 工業炉は熱源で分類すると燃焼炉と電気炉に分けられる。

1) 燃焼炉は、直接加熱方式と間接加熱方式に分類される。直接加熱方式は、火炎及び生成ガスからの放射や [1] により加熱され、鉄鋼プロセスでは [2] などで用いられている。間接加熱方式は燃焼室と加熱室が隔壁で隔てられており、加熱室の雰囲気調節することができるので、[3] などで用いられている。

< [1] ~ [3] の解答群 >

- | | | |
|--------|---------|--------|
| ア アーク炉 | イ 鋼片加熱炉 | ウ 黒鉛化炉 |
| エ 浸炭炉 | オ 転炉 | カ 誘導炉 |
| キ 対流 | ク 超音波 | ケ 誘導 |

2) 電気炉は、燃焼炉では大きな損失源となる [4] がなく、クリーンな炉である。また、[5] が容易であり急速加熱が可能である。さらに、雰囲気加熱に適した構造にやすく、鋼材の熱処理などに用いられる炉で、酸化や脱炭などを起こさず光輝性のある仕上がりが期待できる [6] がその例として挙げられる。

一般的に電気抵抗を用いた間接加熱方式では、炉を構成している断熱材の電気抵抗は温度上昇とともに低下するので、高温域での [7] が起こらないように注意する必要がある。

< [4] ~ [7] の解答群 >

- | | | | |
|--------|----------|----------|----------|
| ア 温度制御 | イ 搬送速度制御 | ウ 反応速度制御 | エ 酸化損失 |
| オ 炭化損失 | カ 排ガス損失 | キ 高周波炉 | ク 真空熱処理炉 |
| ケ 精錬炉 | コ 過電圧 | サ 蓄放電 | シ 漏電 |

問題17の(2)及び(3)は次の27頁~29頁にある

(2) リジェネレイティブバーナは、高性能工業炉を実現する大きな要素である。図は、その蓄熱体の高温端部の温度の時間的履歴である。

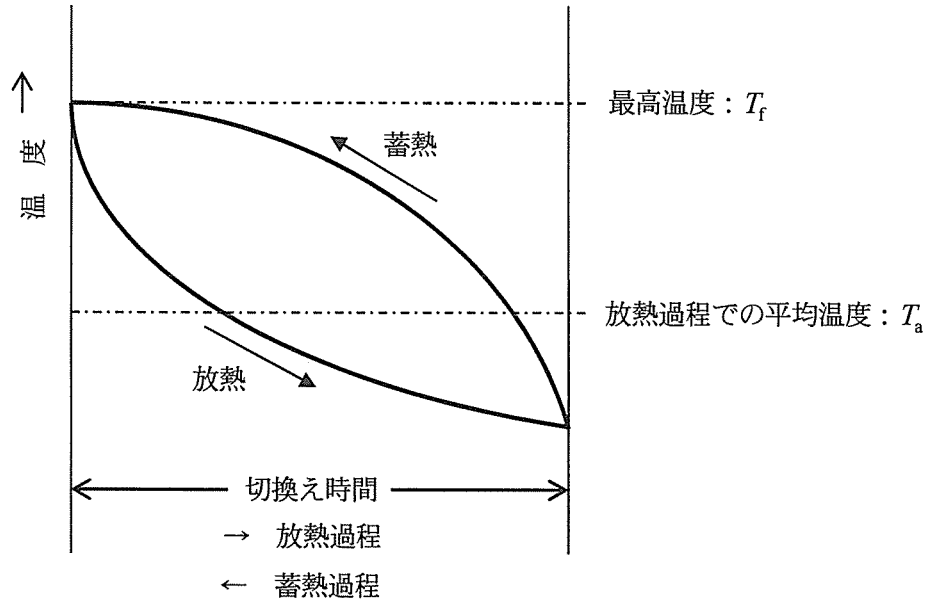


図 蓄熱体高温端部の温度変化

1) このバーナの特徴は、図に示すように蓄熱過程と放熱過程が て、蓄熱過程で排ガス顕熱を回収して、放熱過程で燃焼用空気を加熱することにより、高い効率で燃焼用空気を高温予熱できることである。

ここで、図の最高温度 T_f は排ガス温度に等しく、かつ予熱後の空気の平均温度は放熱過程での平均温度 T_a に等しい、すなわち排ガス温度が T_f 、予熱後の空気の平均温度が T_a であるものとして、回収熱量等について解析してみることにする。

< の解答群 >

ア 交互に繰り返され

イ 同時に現れ

ウ 不規則に現れ

2) 低温側流体としての燃焼用空気の入口温度 t_a を 20°C 、予熱後の燃焼用空気の平均温度 T_a を 1060°C 、燃焼用空気量 V_a を $11.0\text{ m}^3_{\text{N}}/\text{min}$ とし、高温側流体としての燃焼排ガス温度 T_f を 1150°C 、燃焼排ガス量 V_f を $12.0\text{ m}^3_{\text{N}}/\text{min}$ としたときの、蓄熱体を介した熱交換について考える。ここで、排ガスの平均定圧比熱 c_{pf} を $1.55\text{ kJ}/(\text{m}^3_{\text{N}}\cdot\text{K})$ 、空気の平均定圧比熱 c_{pa} を $1.42\text{ kJ}/(\text{m}^3_{\text{N}}\cdot\text{K})$ とし、それぞれ温度によらず一定とする。

このとき、低温側空気の予熱後の出口温度を T_a とみなし、高温側排ガスの入口温度を T_f とみなせば、空気側の温度効率 [%] は、式 で計算され、その値は [%] となる。

また、排ガス顕熱のうち空気予熱で回収された割合 [%] は、式 で計算され、その値は [%] となる。

< 及び の解答群 >

ア $\frac{T_a - t_a}{T_f} \times 100$

イ $\frac{T_a - t_a}{T_f - t_a} \times 100$

ウ $\frac{T_f - T_a}{T_f - t_a} \times 100$

エ $\frac{V_a c_{pa} (T_a - t_a)}{V_f c_{pf} T_f} \times 100$

オ $\frac{V_a c_{pa} (T_a - t_a)}{V_f c_{pf} (T_f - t_a)} \times 100$

カ $\frac{V_f c_{pf} T_f - V_a c_{pa} T_a}{V_f c_{pf} (T_f - t_a)} \times 100$

(3) 不定形耐火物炉壁の施工法について考える。

1) 不定形耐火物炉壁は、 一体構造としての特徴を持っている。代表的な不定形耐火物炉壁であるキャストブル炉壁の施工方法としては、流し込み施工が採用されているが、この場合、炉壁の厚みが比較的 、流し込みが困難な場合や、流し込み用 を造れない場合には、 施工や吹付け施工が採用される。

< ~ の解答群 >

ア ベニアリング	イ ^{とい} 樋	ウ 枠組み	エ こて塗り
オ つき固め	カ 軟化発泡	キ 厚く	ク 薄く
ケ 目地のある	コ 目地の無い		

2) 不定形耐火物炉壁のキャストブル炉壁は、レンガ積み構造では必要となる はあまり必要としないが、壁厚が厚く面積の広い炉の場合は、1～2m 間隔に設ける。また、補強用に耐熱鋼製のアンカスタッドや Y スタッドが用いられる。

一方、不定形耐火物炉壁のプラスチック炉壁は、高温用として使われることが多いので、補強用として を用いることが多い。その配置や間隔は壁厚、その他の条件によって決められる。

< 及び の解答群 >

ア クレイボンド	イ タイルアンカ	ウ ホールインアンカ
エ ボルトアンカ	オ 膨張しろ	カ モルタル目地

(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、 及び は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計 40 点)

(1) 蒸発操作の基本事項、その方法及び効率的運用について考える。

1) 蒸発には、溶液の温度が沸点以下のとき、その液面に見られる 蒸発と、沸点に達して液の内面から蒸気が発生する 蒸発がある。蒸発操作を行うときには、溶液の持つ制約条件や操作の能率などから、適当な条件が選ばれる。

< 及び の解答群 >

ア 過熱 イ 揮発 ウ 凝縮 エ 沸騰

2) 溶質と溶媒からなる水溶液の沸点は、圧力と溶質の濃度に依存する。同一圧力下において、水酸化ナトリウム 10% 水溶液と水酸化ナトリウム 30% 水溶液の沸点を比較したとき、水酸化ナトリウム 10% 水溶液の沸点は 。

< の解答群 >

ア 30% 水溶液の沸点より低い イ 30% 水溶液の沸点より高い
ウ 30% 水溶液の沸点と同じである

3) 蒸発缶を用いた蒸発操作では、加熱に要した熱量に見合う量の蒸気が缶内で発生するので、これを再利用することにより、エネルギー消費量を削減することができる。

例えば、 法では、一度発生した蒸気をターボ圧縮機又はエゼクタにより断熱圧縮して、発生蒸気の を上昇させ、液の加熱用蒸気として再利用する。

また、 法では、第 1 缶で発生した蒸気を 圧力で運転している第 2 缶の熱源として利用する。さらに第 3 缶、第 4 缶と順次作用させ熱の再利用を図っている。

〈 4 ~ 7 の解答群 〉

- | | | | |
|--------|--------|-----------|--------|
| ア 温度 | イ 質量分率 | ウ 湿り度 | エ 減圧抽気 |
| オ 蒸気圧縮 | カ 多重効用 | キ 多段フラッシュ | ク より低い |
| ケ より高い | コ 同じ | | |

(2) 熱風乾燥装置は比較的多量のエネルギーを消費する装置である。乾燥装置の熱損失及びその省エネルギー対策について考える。

1) 乾燥装置において熱損失となる主なものには、乾燥用空気が排気されるときに持ち出す 、乾燥装置本体からの伝導、対流、放射による熱損失、乾燥装置の間隙などからの熱風の による熱損失等がある。

2) 同じ乾燥製品の乾燥結果を得ながら、乾燥用空気が排気されるときに持ち出す を減らす方法としては、熱風を循環させる方法の他に、可能な範囲で熱風の量を減らす方法、及び熱風の を下げる方法がある。熱風の量を減らすと、熱風の が ことになり、乾燥速度が低下する。また、熱風の を下げても乾燥速度は低下する。

〈 8 ~ 12 の解答群 〉

- | | | | |
|--------|--------|---------|--------------------------|
| ア 圧力 | イ 温度 | ウ 顕熱 | エ 潜熱 |
| オ 湿度 | カ 濃度 | キ 吸入 | ク 漏洩 <small>ろうえい</small> |
| ケ 増加する | コ 減少する | サ 一定となる | |

問題 18 の (3) は次の 33 頁にある

(3) 石炭及び石油系の原料を用いて合成ガス、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。ガス化における基本的な反応は、熱分解、水素化分解、水蒸気改質及び部分酸化であり、これらの反応が同時あるいは継続的に反応器内で起こる。

1) 石炭の乾留によりコークス炉ガスを生成させるように、原油、重油を高温で加熱し低分子の炭化水素ガスを得る反応を という。この反応で得られる炭化水素ガスは 系炭化水素の含有量が多くなる。

2) 比較的分子量の大きい炭化水素を 下で水素と接触させ、低分子の 系炭化水素とする反応を水素化分解という。

3) 炭化水素を完全燃焼より少ない酸素量で反応させると、発熱を伴って二酸化炭素や水蒸気が生成される。次いで、この熱を利用し生成した二酸化炭素や水蒸気を、残りの炭化水素と反応させ、一酸化炭素や水素を得る。この一連の反応を という。

< ~ の解答群 >

- | | | |
|---------|---------|---------|
| ア オレフィン | イ パラフィン | ウ 一酸化炭素 |
| エ 芳香族 | オ 高温高压 | カ 高温低压 |
| キ 低温高压 | ク 水蒸気改質 | ケ 接触分解 |
| コ 熱分解 | サ 部分酸化 | |

(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。

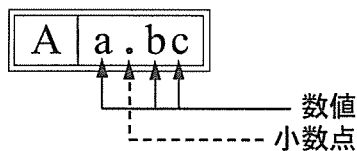
(2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、必要に応じて四捨五入後の数値ではなく、四捨五入前の数値を用いて計算することなど、(1)の計算条件を満足すること。

(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、「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 $\pi = 3.1415\cdots$ 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)

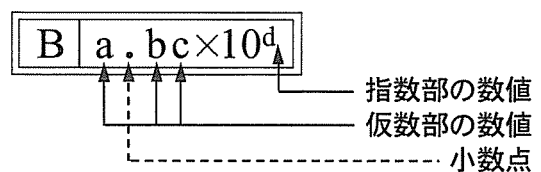
「6.83」に
マークする



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			1
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)