

二級  
ボイラー技士  
テキスト

# 目次

|            |                           |    |
|------------|---------------------------|----|
|            | 二級ボイラー技士試験とは              | 4  |
| <b>序章</b>  | <b>ボイラーの基礎</b>            | 5  |
|            | 1. ボイラーとは                 | 6  |
|            | 2. ボイラーの分類                | 7  |
|            | 3. ボイラーの構成                | 9  |
|            | 4. 熱と燃焼                   | 12 |
| <b>第1章</b> | <b>ボイラーの構造</b>            | 15 |
|            | 1. 熱と蒸気                   | 16 |
|            | 2. ボイラーの基本構造と種類           | 23 |
|            | 3. 丸ボイラー                  | 28 |
|            | 4. 水管ボイラー                 | 33 |
|            | 5. 鋳鉄製ボイラー                | 41 |
|            | 6. 胴(ドラム)とステー             | 45 |
|            | 7. 安全弁                    | 48 |
|            | 8. 計測器                    | 52 |
|            | 9. 送気装置                   | 59 |
|            | 10. 給水装置                  | 69 |
|            | 11. 温水・蒸気暖房各ボイラーの附属品と附属装置 | 76 |
|            | 12. 自動制御                  | 80 |
| <b>第2章</b> | <b>ボイラーの取扱い</b>           | 91 |
|            | 1. 点火前点検と点火操作             | 92 |
|            | 2. 圧力上昇時・運転中の取扱い          | 99 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 3. ブローとスートブロー             | 107 |
| 4. 異常燃焼・異常消火・キャリーオーバー     | 114 |
| 5. 附属品(水面計・安全弁・給水装置等)の取扱い | 124 |
| 6. ボイラーの保全                | 136 |
| 7. 水質管理                   | 141 |

### **第3章 燃料及び燃焼** 149

---

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 1. 燃料の基礎知識・基礎用語 | 150 |
| 2. 重油           | 156 |
| 3. ガス           | 164 |
| 4. 石炭           | 169 |
| 5. 燃焼方式と燃焼装置    | 172 |
| 6. 有害物質         | 187 |
| 7. 空気と通風        | 192 |

### **第4章 関係法令** 203

---

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 1. ボイラーの定義・伝熱面積         | 204 |
| 2. ボイラーに関する届出           | 210 |
| 3. ボイラーに関する検査           | 212 |
| 4. ボイラー技士免許とボイラー取扱作業主任者 | 220 |
| 5. ボイラーの設置場所と管理         | 227 |
| 6. 附属装置の規格              | 236 |

### **資料 「ボイラー及び圧力容器安全規則(抜粋)」** 251

---

## ■二級ボイラー技士試験とは？

「ボイラー技士」は、学校やビル、工場、病院、船舶などさまざまな施設でボイラーの取扱い、点検、安全管理を行う技術者のことで、特級、一級、二級の区分があります。このうち二級は、さほど規模の大きくない一般に設置されているボイラーを取り扱うことができる技士です。

ボイラー技士試験は、厚生労働大臣が指定した試験機関である公益財団法人 安全衛生技術試験協会が実施する免許試験で、ボイラー技士免許を取得するにはこの試験に合格しなければなりません。

## ■受験資格

受験資格はありません。誰でも受験することができます。

ただし、合格者を対象としたボイラー技士免許の交付にはいくつかの条件があります(P.6参照)。

## ■免許の交付条件

二級ボイラー技士の免許交付にあたっては、次のような条件が必要です(抜粋)。詳しくは安全衛生技術試験協会のホームページを参照してください。

●安全衛生技術試験協会ホームページ <http://www.exam.or.jp/>

## ■試験の形式

試験の科目、出題数、試験時間は次のとおりです。

| 試験科目             | 出題数(配点)   | 試験時間 |
|------------------|-----------|------|
| 1 ボイラーの構造に関する知識  | 10問(100点) | 3時間  |
| 2 ボイラーの取扱いに関する知識 | 10問(100点) |      |
| 3 燃料及び燃焼に関する知識   | 10問(100点) |      |
| 4 関係法令           | 10問(100点) |      |

どの科目も5つの選択肢から正解を1つ選ぶ、マークシート式筆記試験で行われます。

合格基準は、各科目いずれもが4割以上の正解、かつ合計40問のうち6割以上の正解となっています。

## ■受験者数と合格率

二級ボイラー試験の受験者数はここ数年約30,000人、合格者数は15,000人程度です。合格率は40%後半～50%前半です。

**序章**

**ボイラーの  
基礎**

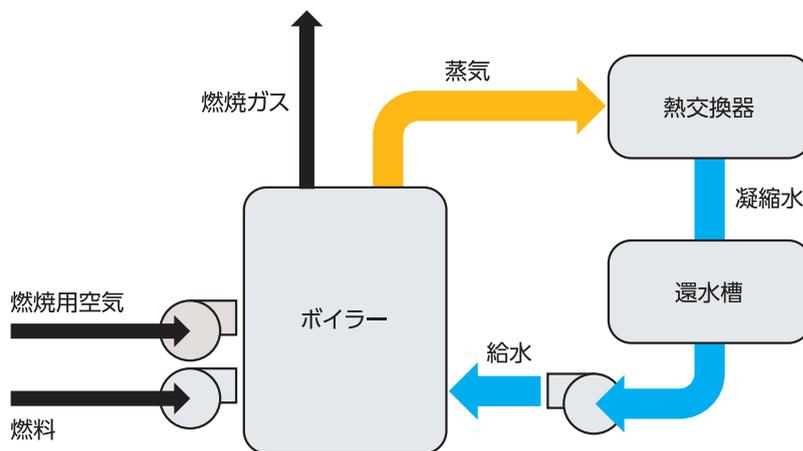
# 1

# ボイラーとは

ボイラーとは、燃焼や電気により水や熱媒を加熱して、蒸気や温水を得るもので、次のように定義されます。

- 火気、高温ガス又は電気を熱源とするもの。
- 水又は熱媒を加熱して蒸気又は温水を作る装置。
- 蒸気又は温水を他に供給する装置。

また、法令上は、労働安全衛生法において、定められた規模（内容積や伝熱面積）や圧力以上のものが、ボイラーと定められています。したがって、一定以下の規模のものや、内部が加圧されて一定以上の圧力が生じないものは、法令上、ボイラーに該当しません。



ボイラーシステムの例

## memo

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ボイラーは用途、構造、材質、熱源、圧力、生成物により、次のように分類されます。

## 1

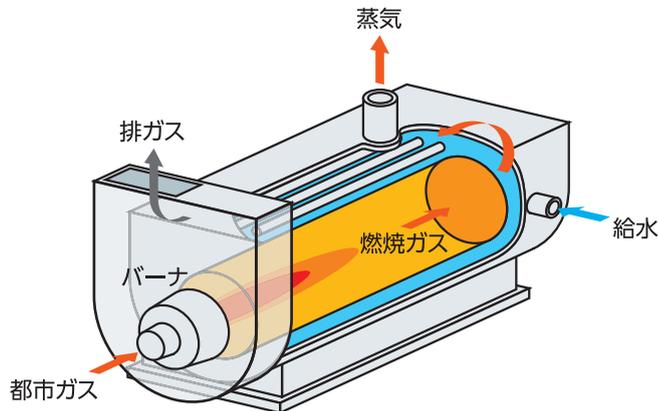
## 用途

- 空調用ボイラー**: 室内等の暖房用、加湿用
- 給湯用ボイラー**: 浴槽、プール、洗面の給湯用
- 特殊用ボイラー**: その他生産設備などの特殊用

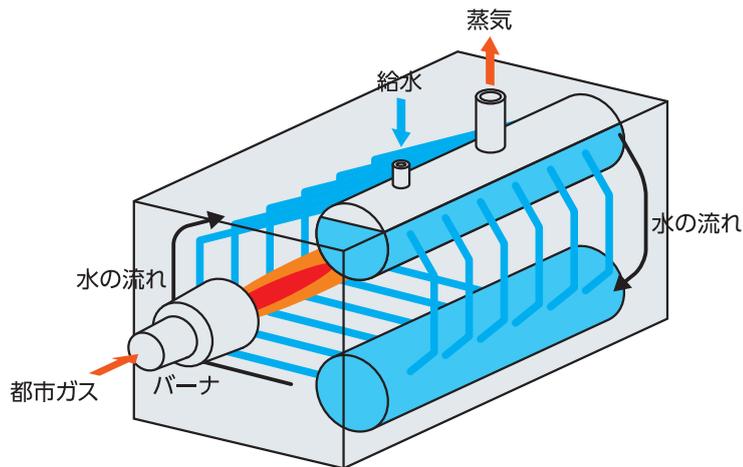
## 2

## 構造

- 丸ボイラー**: 円筒形の胴の形状をしたボイラー
- 水管ボイラー**: 管を組んだ形状をしたボイラー



丸ボイラー（炉筒煙管ボイラー）



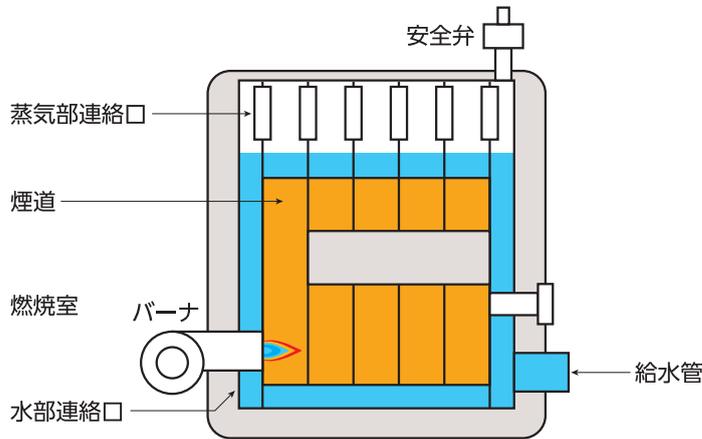
水管ボイラー

## 3

## 材質

**鋼板製ボイラー**: 鋼で製造されたボイラー。

**鋳鉄製ボイラー**: 鋳鉄で製造されたボイラー。低圧用



鋳鉄製ボイラー（セクショナルボイラー）

## 4

## 熱源

**ガス炊きボイラー**: ガスを燃料にしたボイラー

**油炊きボイラー**: 重油、灯油等を燃料にしたボイラー

**石炭ボイラー**: 石炭を燃料にしたボイラー

**電気ボイラー**: 電力により加熱するボイラー

**廃熱回収ボイラー**: 高温の排気ガスなどの廃熱を熱源としたボイラー

## 5

## 圧力

**低圧**: 鋳鉄製ボイラーの使用範囲（蒸気0.1MPa以下、温水0.5MPa以下）

**高圧**: 上記の範囲以上

**超臨界圧**: 水の臨界状態（約374℃・22MPa）を超えた状態

## 6

## 生成物

**蒸気ボイラー**: 蒸気を生成するボイラー

**温水ボイラー**: 温水を生成するボイラー

**高温水ボイラー**: 水の大気圧での沸点100℃を超える温度の温水を生成

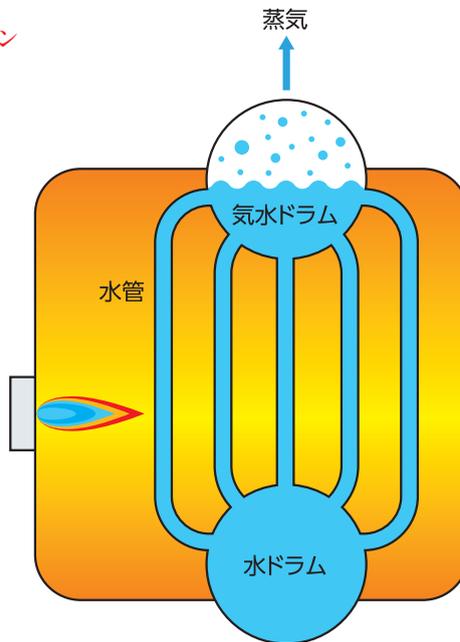
# 3 ボイラーの構成

ボイラーは大きく分けて、水が入る**本体**の部分と火を燃やす**炉**の部分で構成されています。さらに**附属装置**で構成されています。

## 1 本体

水の入るボイラーの本体の部分は、ボイラーの用途などにより、様々な形状になっており、この形状によりボイラーが構造上分類されています。本体の形状は、大別すると次の3つです。

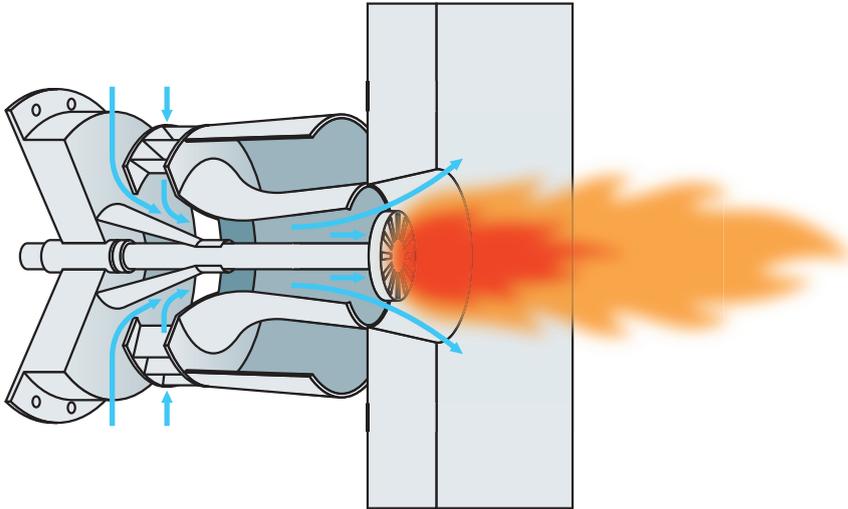
- 胴・ドラム
- 管
- 鑄鉄製セクション



## 2 炉

炉は、**火炉**や**燃焼室**ともいいます。燃焼室には**燃焼装置**が取り付けられます。燃焼装置は、燃料の種類によって異なり、次のとおりです。

- バーナ: 気体燃料、液体燃料、固体燃料のうち微粉炭に用いられる
- 火格子: 固体燃料用



バーナの例

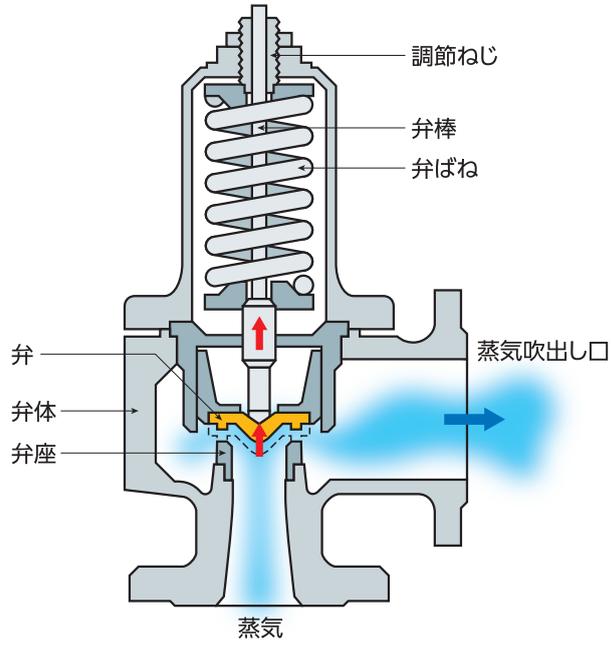
### 3

## 附属装置

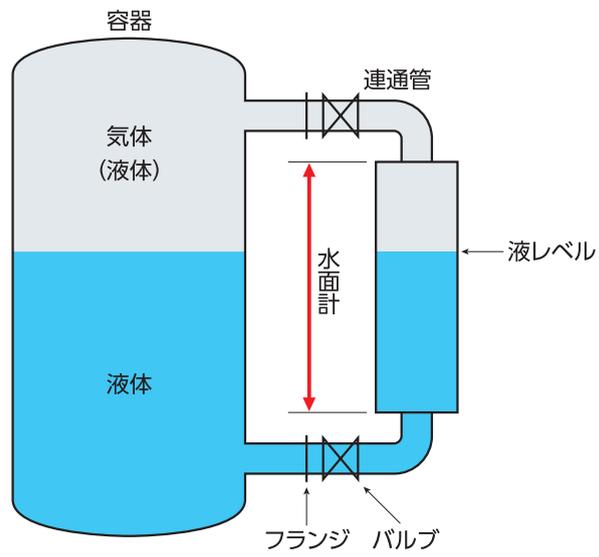
ボイラーには、ボイラーが安全に安定して運転を継続できるよう、指示計器や制御装置などの附属装置が設けられています。主な附属装置は次のとおりです。

- **指示計器**: 圧力計、水面計、流量計、通風計など
- **安全装置**: 安全弁、燃料遮断装置、警報機など
- **給水装置**: 給水ポンプなど
- **吹出し装置**: 吹出し弁、吹出し管など
- **送気装置**: 主蒸気管、主蒸気弁など
- **自動制御装置**: 圧力制御器、水位制御器など
- **通風装置**: 送風機、煙道、煙突など
- **過熱器**
- **熱回収装置**: エコノマイザ、空気予熱器など
- **給水処理装置**: 軟水器など
- **排ガス処理装置**: 集じん装置、脱硫装置、脱硝装置

ボイラーを安全に運転するためには、圧力制御と水位制御が重要です。そのため、**安全弁**や**水面計**等がボイラー本体に取り付けられています。



安全弁



水面計

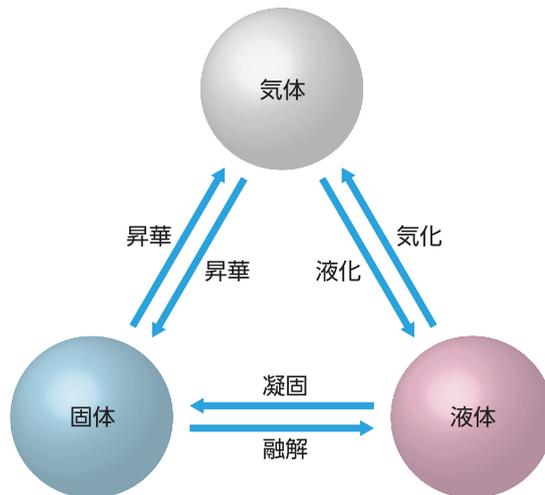
## 1

## 物質の三態

物質は圧力・温度により、状態が異なり、次の3つの状態となります。

- **固体**: 氷、石炭(常温・大気圧)など
- **液体**: 水、石油(常温・大気圧)など
- **気体**: 水蒸気、空気(常温・大気圧)、都市ガス(常温・大気圧)など

また、状態変化は次のとおりです。



## 2

## 顕熱と潜熱

熱量には顕熱と潜熱があり、それぞれ次のとおりです。

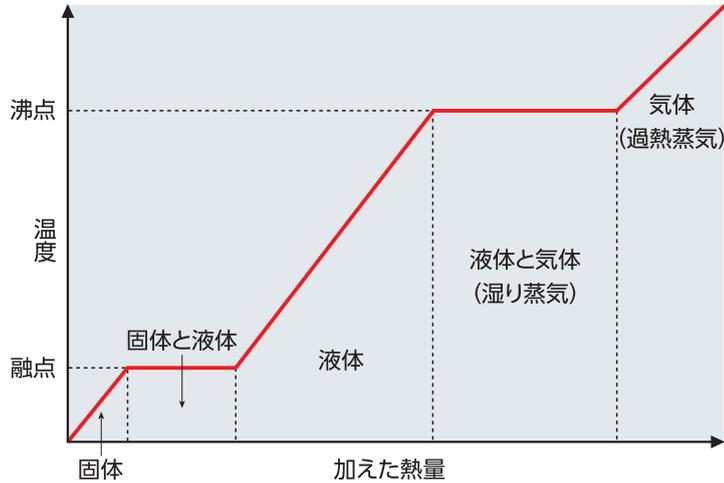
- **顕熱**: 温度変化に費やされる熱量
- **潜熱**: 状態変化に費やされる熱量

物質の顕熱量を示す指標に、比熱があり、次のとおりです。

- **比熱**: 1kgの物質の温度を1K上昇させるのに要する熱量
- 水の比熱は、 $4.187 \text{ [kJ/(kg}\cdot\text{K)]}$

物質の潜熱を示す指標に、蒸発熱があり、次のとおりです。

- **蒸発熱**: 1kgの物質を液体から気体に状態変化させるのに要する熱量
- 水の蒸発熱は、2257 [kJ/kg] (標準大気圧において) です。



3

伝熱

温度の高い部分から温度の低い部分に熱が移動することを伝熱といいます。伝熱は、次の3つに分けられます。

- **熱伝導**: 物体の内部で、温度の高い部分から低い部分へ熱が伝わる現象
- **熱伝達**: 流体が固体壁に接触して、流体と固体壁間に熱が伝わる現象
- **放射伝熱**: 空間を隔てて相対している物体間に熱が伝わる現象





# 第1章

## ボイラーの 構造

# 1

# 熱と蒸気

## 1

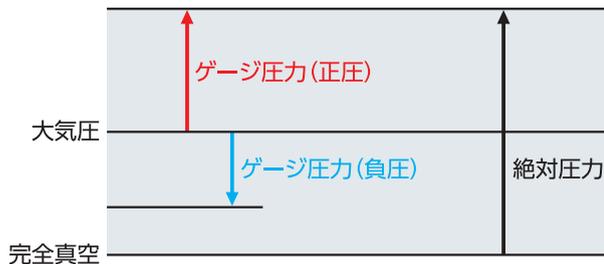
### 熱の伝わり方

- **熱貫流**…固体壁を通して高温流体から低温流体へ熱が伝わる程度を表し、次の3つで決まります。①両側の流体と壁面との間の**熱伝達率**、②固体壁の**熱伝導**③固体壁の厚さ

## 2

### 圧力

- 圧力計に表れる圧力を**ゲージ圧力**といい、その値に**大気圧**を加えたものが**絶対圧力**とい  
います。**絶対圧力 = ゲージ圧力 + 大気圧**
- 物性を表す場合には、一般に**絶対圧力**で示します。
- 圧力の単位は**MPa (メガパスカル)**

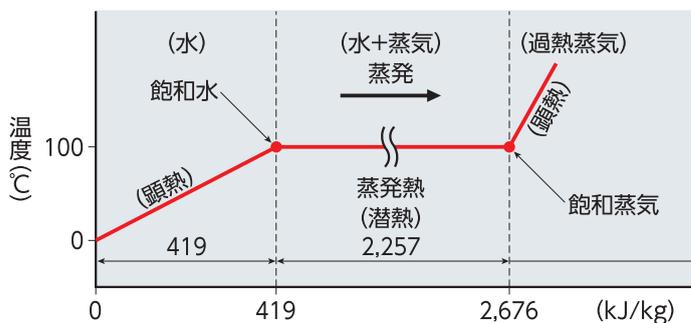


ゲージ圧力・大気圧・絶対圧力の関係

## 3

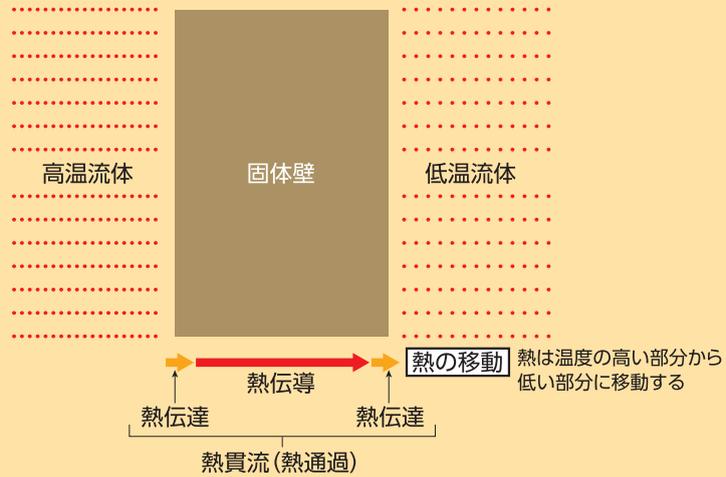
### 飽和蒸気と顕熱・潜熱

- **潜熱 (蒸発熱)**…飽和水から飽和蒸気になるのに費やされる熱量(液体から気体に状態変化に費やされる熱量)。圧力が高くなるほど**小さ**くなります。
- **顕熱**…温度変化に費やされる熱量
- **比エンタルピ**…単位重量当たりの物体が保有している全熱量。単位は [kJ/kg]  
\*全熱量(全熱) = 温度変化に要した顕熱 + 状態変化に要した潜熱  
\*飽和蒸気の比エンタルピは、飽和蒸気1kgの**全熱**の値。



標準大気圧での水の変化

- 固体壁を通して高温部から低温部へ伝熱する現象を**熱貫流**といいます。
- 図のように、熱貫流は、流体から固体壁へ伝熱する**熱伝達**と、固体壁中を伝熱する**熱伝導**とで成り立っています。熱伝達と熱伝導は間違いやすいので注意しましょう。



### 例題

次の文中の  内に入れるA、B及びCの語句の組合せとして、正しいものは(1)～(5)のうちどれか。

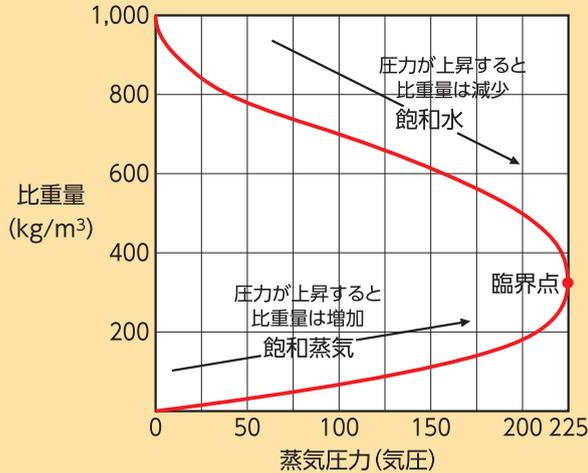
「固体壁を通して高温流体から低温流体へ熱が伝わる程度を表す  A 率は、両側の流体と壁面との間の  B 率及び固体壁の  C 率とその厚さによって決まる。」

- |     | A   | B   | C   |
|-----|-----|-----|-----|
| (1) | 熱貫流 | 熱伝達 | 熱伝導 |
| (2) | 熱貫流 | 熱伝導 | 熱伝達 |
| (3) | 熱伝達 | 熱貫流 | 熱伝導 |
| (4) | 熱伝達 | 熱伝導 | 熱貫流 |
| (5) | 熱伝導 | 熱伝達 | 熱貫流 |

### 解答

(1)

- **比体積**とは単位重量当たりの体積で、単位は $[\text{m}^3/\text{kg}]$ で表されます。
- 単位体積当たりの重量である密度(**比重量**)の逆数です。
- 下のグラフのとおり、飽和水と飽和蒸気では圧力と比重量(密度)の関係が異なり、飽和水の場合は圧力が上昇すると減少し、飽和蒸気の場合は圧力が上昇すると増加します。したがって、密度(比重量)の逆数である比体積は、飽和水の場合は圧力が上昇すると増加し、飽和蒸気の場合は圧力が上昇すると減少します。



水と蒸気の比重量と圧力の関係

## 例題

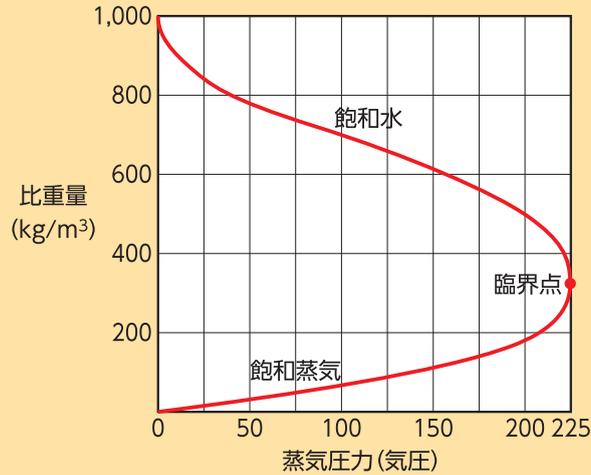
熱及び水の蒸気について、誤っているものは次のうちどれか。

- (1) 飽和湿度は、圧力が高くなるほど高くなる。
- (2) 乾き飽和蒸気は、乾き度が1の飽和蒸気である。
- (3) 飽和蒸気の比エンタルピは、その飽和水の顕熱に潜熱を加えた値である。
- (4) 飽和水及び飽和蒸気の比体積は、いずれも圧力が高くなるほど小さくなる。
- (5) 蒸発熱は、圧力が高くなるほど小さくなり、臨界圧力に達すると0になる。

## 解答

(4)

- 圧力の上昇とともに両者の密度の差が小さくなり、臨界点において差がなくなります。



水と蒸気の比重量と圧力の関係

### 例題

熱及び蒸気に関し、次のうち誤っているものはどれか。

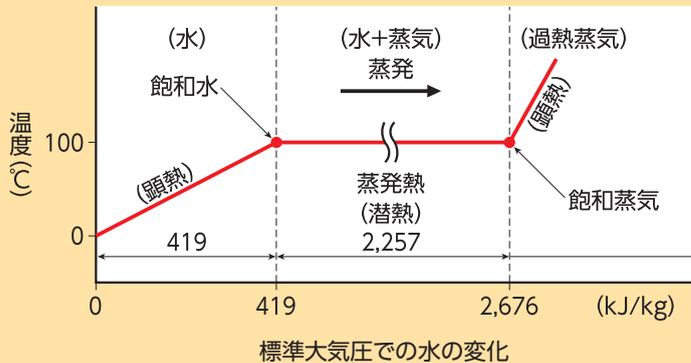
- (1) 標準大気圧のもとで、1kgの水の温度を1℃高めるのに要する熱量は4.187kJである。
- (2) 標準大気圧のときの水の飽和温度は100℃で、圧力が高くなるにしたがって飽和温度は高くなる。
- (3) 水が飽和温度に達し、沸騰を開始してから全部の水が蒸気になるまで飽和温度は一定である。
- (4) 水の蒸発熱は、圧力が高くなるにしたがって小さくなり、臨界圧力に達すると0になる。
- (5) 飽和蒸気と飽和水との密度の差は、圧力が高くなるにしたがって大きくなる。

### 解答

(5)

- **潜熱(蒸発熱)**は、飽和水から飽和蒸気になるのに費やされる熱量である。

【補足】液体から気体に状態変化に費やされる熱量は潜熱です。顕熱は温度変化に費やされる熱量です。



- 比熱の大きい物体は、比熱の小さい物体よりも温まりにくく冷えにくい。

【補足】比熱とは、単位重量の物質を単位温度変化させるのに要する熱量で、単位は  $[\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})]$  で表されます。比熱が大きいと、温度変化させるための熱量が大きくなるので、温めにくく冷えにくくなります。

- 水の蒸発熱は、圧力が高くなるほど小さくなる。

【補足】水の蒸発熱は圧力が高くなるほど小さくなり、臨界点の圧力に達すると0になります。

- 飽和蒸気の比エンタルピは、飽和蒸気1kgの全熱の値である。

【補足】**比エンタルピ**とは、単位重量当たりの物体が保有している全熱量で、単位は  $[\text{kJ}/\text{kg}]$  で表されます。全熱量とは、全熱ともいい、温度変化に要した顕熱と状態変化に要した潜熱を加えたものになります。

### 例題

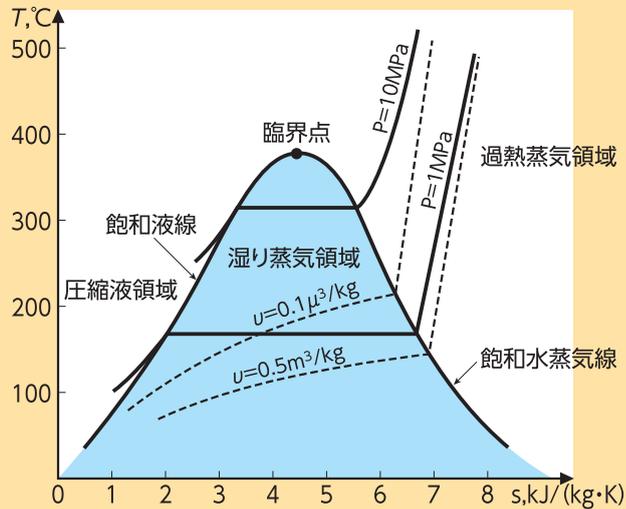
熱及び蒸気に関し、次のうち正しいものはどれか。

- (1) 顕熱は、飽和水から飽和蒸気になるのに費やされる熱量である。
- (2) 比熱の大きい物体は、比熱の小さい物体よりも温まりやすく冷えやすい。
- (3) 水の蒸発熱は、圧力が高くなるほど大きくなる。
- (4) 飽和蒸気の比エンタルピは、飽和水1kgの顕熱の値である。
- (5) 過熱度とは、過熱蒸気の温度とその過熱蒸気の圧力に相当した飽和蒸気温度との差である。

### 解答

(5)

- 水の蒸発熱は圧力が高くなるほど小さくなり、臨界点の圧力に達すると0になります。
- 下の図は飽和水蒸気線図です。飽和水蒸気線の山を横切っている線分の長さが蒸発熱を示しています。図の通り、 $P=1\text{MPa}$ よりも $P=10\text{MPa}$ の線図のほうが、山を横切る線分が短くなっており、蒸発熱が減少していることがわかります。



### 例題

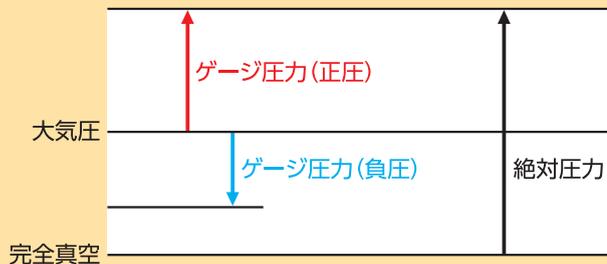
熱及び蒸気について、誤っているものは次のうちどれか。

- (1) 標準大気圧のときの水の飽和温度は $100^\circ\text{C}$ で、圧力が高くなるに従って飽和温度は高くなる。
- (2) 水の蒸発熱は潜熱ともいい、圧力が高くなるに従って大きくなる。
- (3) 標準大気圧のときの水の蒸発熱は、水の質量 $1\text{kg}$ あたり約 $2257\text{kJ}$ である。
- (4) 過熱蒸気の温度と、同じ圧力の飽和蒸気の温度との差を過熱度という。
- (5)  $1\text{kg}$ の湿り蒸気の中に、 $x\text{kg}$ の乾き飽和蒸気と $(1-x)\text{kg}$ の水分が含まれている場合、 $x$ をその湿り蒸気の乾き度という。

### 解答

(2)

- 下の図のように、ゲージ圧力とは大気圧を基準にした圧力で、**絶対圧力**とは完全真空を基準にした圧力で、**ゲージ圧力**に大気圧を加えたものが絶対圧力になります。また、蒸気表など物理的性質を表す場合には、ゲージ圧力ではなく、絶対圧力で示します。



ゲージ圧力・大気圧・絶対圧力の関係

### 例題

温度及び圧力に関し、次のうち誤っているものはどれか。

- (1) セルシウス(摂氏)温度 $[\text{C}]$ は、標準大気圧のもとで、水の氷点を $0\text{C}$ 、沸点を $100\text{C}$ と定め、この間を100等分したものを $1\text{C}$ としたものである。
- (2) セルシウス温度 $t[\text{C}]$ と絶対温度 $T[\text{K}]$ の間には $T=t+273$ の関係がある。
- (3) 760mm高さの水銀柱がその底面に及ぼす圧力(760mmHg)を標準大気圧 $1[\text{atm}]$ といい、 $1013[\text{hPa}]$ に相当する。
- (4) 圧力計に表れる圧力をゲージ圧力といい、その値に大気圧を加えたものを絶対圧力という。
- (5) 蒸気表中の圧力のように物性を表す場合には、一般にゲージ圧力で示す。

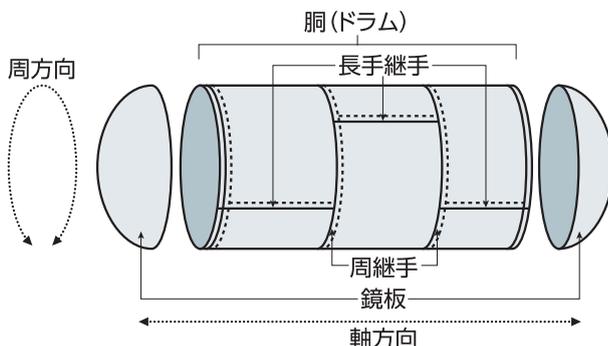
### 解答

(5)

## 2 ボイラーの基本構造と種類

### 1 胴の受ける応力

- **胴**の受ける応力 周方向の応力は軸方向の応力の2倍。
- 周方向の応力に対抗するのは**長手継手**、軸方向に対抗するのは**周継手**になるので、長手継手は周継手の**2倍**の強度が必要。



### 2 ボイラーと伝熱

- **伝熱面**…燃料の燃焼熱をボイラー水に伝える面。次の2つがある。
  - ① 火炎の放射熱によって熱を伝える**放射伝熱面**
  - ② 高温ガスの対流による接触によって熱を伝える**接触伝熱面 (対流伝熱面)**

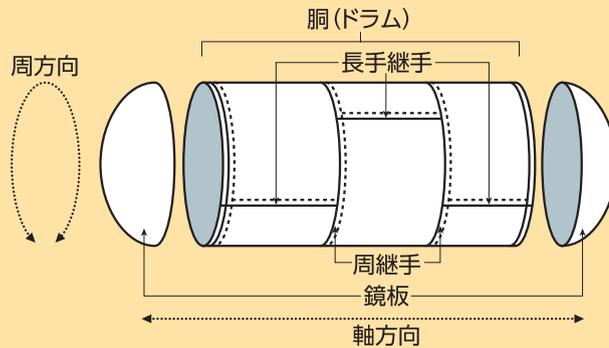
### 3 ボイラーの容量と効率

- **ボイラー効率**…全供給熱量に対する発生蒸気の吸収熱量の割合。
- **換算蒸発量**…実際に給水から所要蒸気を発生させるのに要した熱量を、100℃の飽和水を蒸発させて100℃の飽和蒸気とする熱量で除したもの。

### 4 伝熱管

- **伝熱管**…配管壁を介して伝熱する目的で設置されている配管で次のものがある。
  - ① **煙管**: 配管内部に燃焼ガスを通し、配管外部の水を加熱する。
  - ② **水管**: 配管外部の燃焼ガスで、配管内部の水を加熱する。
  - ③ **過熱管**: 配管外部の燃焼ガスで、配管内部の飽和蒸気を加熱する。
  - ④ **エコノマイザ管**: 配管外部の燃焼ガスで、配管内部の水を加熱する。
- 次の2つは伝熱を目的とした配管ではないから伝熱管ではない。
  - × **蒸気管**…ボイラー本体から外部へ蒸気を送気するための配管。
  - × **給水管**…外部からボイラー本体へ給水するための配管。

- 胴の受ける応力は、周方向の方が軸方向の2倍になります。
- 周方向の応力に対抗するのは長手継手、軸方向に対抗するのは周継手になりますので、**長手継手**は**周継手**の2倍の強度が必要になります。
- 応力が大きいのは周方向ですが、周方向の応力を受け持つのは長手方向の長手継手です。



### 例題

ボイラー各部の構造と強さについて、誤っているものは次のうちどれか。

- (1) ボイラーの胴板には、内部の圧力によって周方向及び軸方向に引張応力が生じる。
- (2) 胴の長手継手の強さは、胴の周継手に求められる強さの1/2以上あればよい。
- (3) 平鏡板は、内部の圧力によって曲げ応力が生じるので、圧力の高いものはステーによって補強する。
- (4) ガセットステーを取り付ける場合には、鏡板との取付部の下端と炉筒との間にブリージングスペースを設ける。
- (5) 炉筒は、鏡板で拘束されているため、燃焼ガスによって加熱されると炉筒板に圧縮応力が生じる。

### 解答

(2)

- ボイラーにおいて、燃料の燃焼熱をボイラー水に伝える面を**伝熱面**といいます。伝熱面には、火炎の放射熱によって熱を伝える**放射伝熱面**と、高温ガスの対流による接触によって熱を伝える**接触伝熱面 (対流伝熱面)**があります。

### 例題

ボイラーの概要に関し、次のうち誤っているものはどれか。

- (1) 燃焼室に直面している伝熱面は、対流伝熱面といわれる。
- (2) 燃焼室を出た高温ガス通路に配置される伝熱面は、接触伝熱面といわれる。
- (3) 蒸気ボイラーの容量(能力)は、最大連続負荷の状態ですべて1時間に発生する蒸発量 [kg/h又はt/h] で示される。
- (4) 蒸気の発生に要する熱量は、蒸気の圧力、温度及び給水の温度によって異なるので、ボイラーの容量を換算蒸発量によって示す場合がある。
- (5) ボイラーの効率とは、全供給熱量に対する発生蒸気の吸収熱量の割合をいう。

### 解答

(1)

選択肢(1)の燃焼室内は火炎による放射熱により伝熱される面ですので、対流伝熱面ではなく放射伝熱面になります。選択肢(2)の燃焼室を出た高温ガス通路に配置される伝熱面は、接触伝熱面または対流伝熱面といいます。

- 換算蒸発量  $G_e$  は次式で表されます。

$$G_e = G \times \frac{h_2 - h_1}{2275} \text{ [kg/h]}$$

$G$ : 実際蒸発量 [kg/h]、 $h_1$ : 給水のエンタルピー [kJ/kg]、 $h_2$ : 発生蒸気のエンタルピー [kJ/kg]、2275 kJ/kg: 100°C の飽和水を 100°C の飽和蒸気にするのに要するエンタルピー

### 例題

ボイラーの容量及び効率について、誤っているものは次のうちどれか。

- (1) 蒸気ボイラーの容量(能力)は、最大連続負荷の状態で、単位時間当たりが発生する蒸発量で示される。
- (2) 蒸気の発生に要する熱量は、蒸気圧力、蒸気温度及び給水温度によって異なる。
- (3) 換算蒸発量は、実際に給水から所要蒸気を発生させるのに要した熱量を、0°C の水を蒸発させて 100°C の飽和蒸気とする熱量で除したものである。
- (4) ボイラー効率とは、全供給熱量に対する発生蒸気の吸収熱量の割合をいう。
- (5) ボイラー効率の算定にあたっては、燃料の発熱量は、一般に低発熱量を用いる。

### 解答

(3)

- 換算蒸発量とは、給水を蒸気にした実際の蒸発量を、100°C 飽和水を 100°C 飽和蒸気にする基準状態で換算した蒸発量です。基準状態は、0°C の水を 100°C の飽和蒸気にする場合ではありません。

● **伝熱管**とは、配管壁を介して伝熱する目的で設置されている配管です。伝熱管は下記のとおりです。

- ① **煙管**: 配管内部に燃焼ガスを通し、配管外部の水を加熱する
- ② **水管**: 配管外部の燃焼ガスで、配管内部の水を加熱する
- ③ **過熱管**: 配管外部の燃焼ガスで、配管内部の飽和蒸気を加熱する
- ④ **エコノマイザ管**: 配管外部の燃焼ガスで、配管内部の水を加熱する



### 例題

ボイラーに使用される次の管類のうち、伝熱管に分類されないものはどれか。

- (1) 煙管
- (2) 水管
- (3) 蒸気管
- (4) 過熱管
- (5) エコノマイザ管

### 解答

(3)

● **蒸気管**は伝熱を目的とした配管ではなく、ボイラー本体から外部へ蒸気を送気するための配管であり、伝熱管には該当しません。その他、給水管も、外部からボイラー本体へ給水するための配管であり、伝熱管ではありません。

## 3

## 丸ボイラー

## 1

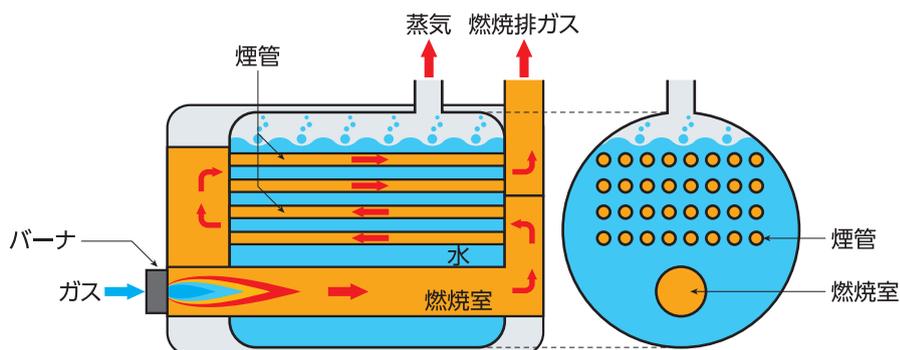
## 丸ボイラーの特徴

- 胴と呼ばれる円筒形の容器に貯水して加熱するタイプのボイラー。
- **高圧のもの、大容量のものには適さない。**
- **構造が簡単、設備費が安価、取扱いが容易。**
- 伝熱面積当たりの保有水量が多い。
- 保有水量が多いと起動から所要蒸気を発生するまでの時間が**長い**。
- 負荷の変動によって圧力が**変動しにくくなる**。

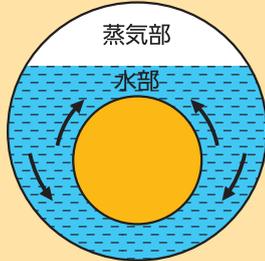
## 2

## 炉筒煙管ボイラーの特徴

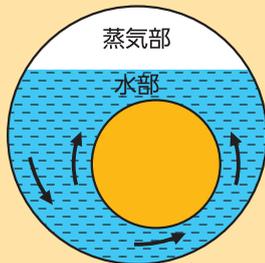
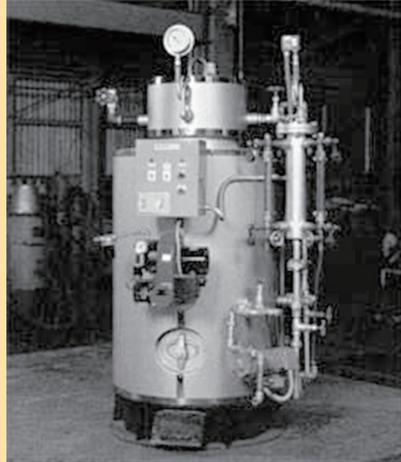
- 丸ボイラーの一種で上記の丸ボイラーの特徴を備えている。
- **内だき式ボイラー**で、炉筒板内部に働く**圧縮応力**を伸縮することで吸収するために**波形炉筒**が用いられている。
- **戻り燃焼方式**を採用し、燃焼効率を高めているものがある。
- **加圧燃焼方式**を採用し、燃焼室熱負荷を高くして燃焼効率を高めているものがある。
- 煙管には、伝熱効果の大きい**スパイラル管**を採用しているものが多い。
- 火炎に触れる**管ステー**（補強材）は**焼損**を防ぐために端部を縁曲げする。



- 丸ボイラーは直径の大きな胴に貯水し加熱しており、直径の細い配管内に水を循環させている水管ボイラーよりも、伝熱面積あたりの保有水量が大きくなります。保有水量が多いと、蒸気発生までの起動時間が長くなりますが、負荷の変動によって圧力が変動しにくくなります。



(a) 炉筒を中心部に配置したもの

(a) 炉筒を片方にずらしたもの  
丸ボイラーの保有水量

立てボイラー

## 例題

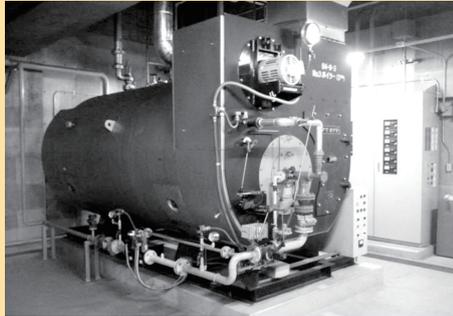
水管ボイラーと比較した丸ボイラーの特徴として、誤っているものは次のうちどれか。

- (1) 負荷の変動によって圧力が変動しやすい。
- (2) 高圧のもの及び大容量のものには適さない。
- (3) 構造が簡単で、設備費が安く、取扱いが容易である。
- (4) 伝熱面積あたりの保有水量が大きく、破裂の際の被害が大きい。
- (5) 起動から所要蒸気を発生するまでに長時間を要する。

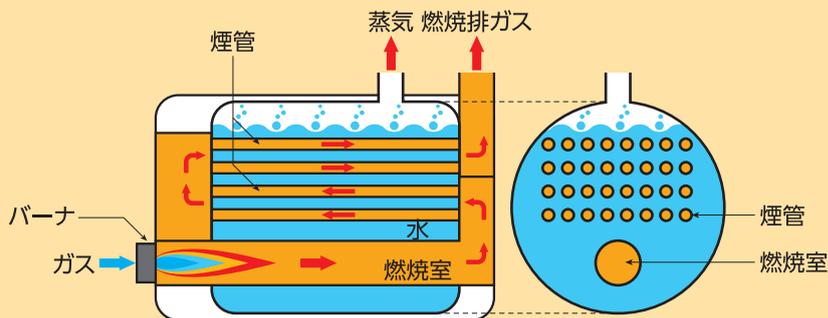
## 解答

(1)

- **炉筒煙管ボイラー**は丸ボイラーの一種です。丸ボイラーは、前述したとおり、直径の大きな胴に貯水し加熱しており、水管ボイラーに比べて伝熱面積あたりの保有水量が大きくなります。
- 保有水量が多いと、蒸気発生までの起動時間が長くなりますが、負荷の変動によって圧力が変動しにくくなります。



炉筒煙管ボイラー



## 例題

炉筒煙管ボイラーについて、誤っているものは次のうちどれか。

- (1) 炉筒煙管ボイラーは、内だき式ボイラーで、一般に径の大きい波形炉筒と煙管群を組合せてできている。
- (2) 水管ボイラーに比べて、伝熱面積あたりの保有水量が少ないので、起動から所要蒸気を発生するまでの時間が短い。
- (3) 戻り燃焼方式を採用し、燃焼効率を高めているものがある。
- (4) 加圧燃焼方式を採用し、燃焼室熱負荷を高くして燃焼効率を高めているものがある。
- (5) 煙管には、伝熱効果の大きいスパイラル管を採用しているものが多い。

## 解答

(2)

- **ステー**とは補強材のことです。ステーにはガセットステーと**管ステー**があり、ガセットステーは板状の補強材、管ステーは管状の補強材です。
- 管ステーは、管板を補強するために管板の穴に差し込み、ころ広げ(拡管)してから溶接して管板に取り付けます。
- また、管ステーの端部が火炎に触れる場合は、焼損を防ぐために縁曲げをします。



### 例題

炉筒煙管ボイラーの火炎に触れる管ステーの端部を縁曲げする理由として、正しいものは次のうちどれか。

- (1) ころ広げを強化するため
- (2) 燃焼ガスを通りやすくするため
- (3) 水漏れを防ぐため
- (4) 管板を補強するため
- (5) 焼損を防ぐため

### 解答

(5)

- **炉筒**は、加熱されると長手方向に膨張しようとしませんが、鏡板で拘束されているため、炉筒板内部に圧縮応力が働きます。この圧縮応力を伸縮することで吸収するために、炉筒には**波形炉筒**が用いられています。
- 波形炉筒には、モリソン形、フォックス形およびブラウン形があり、平形炉筒に比べて伝熱面積を大きくできるメリットもあります。
- また、波形炉筒の伸縮を阻害しないよう、鏡板にはブリージングスペースを設けて、この部分にガセットステーなどの補強材を取り付けないようにします。



### 例題

炉筒煙管ボイラーの炉筒について、誤っているものは次のうちどれか。

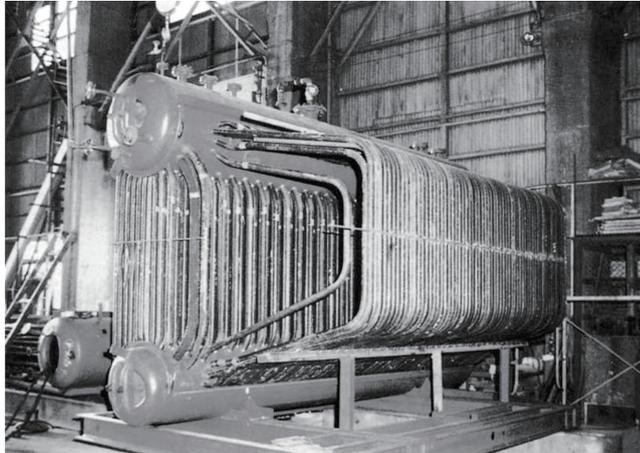
- (1) 炉筒が燃焼ガスによって加熱されると、炉筒板内部に引張応力が生じる。
- (2) 炉筒の伸縮をできるだけ自由にするため、鏡板にはブリージングスペースを設ける。
- (3) 波形炉筒は、平形炉筒に比べ外圧に対する強度が大きい。
- (4) 波形炉筒は、平形炉筒に比べ伝熱面積を大きくできる。
- (5) 波形炉筒には、モリソン形、フォックス形及びブラウン形の波形がある。

### 解答

(1)

## 1

## 水管ボイラーの特徴

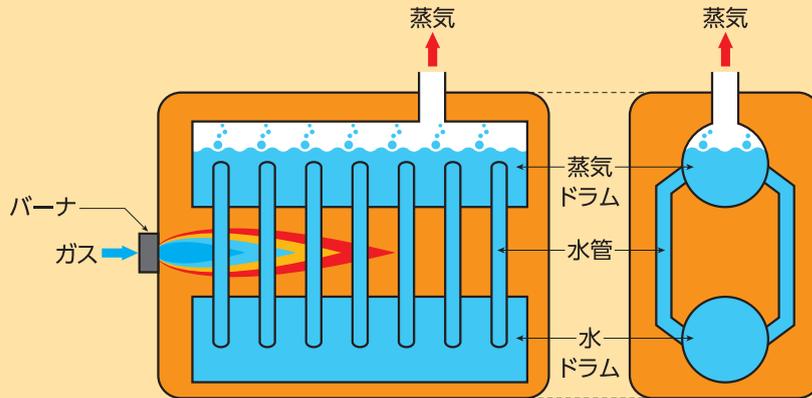


水管ボイラー

- ドラムと呼ばれる円筒形の容器と配管で構成されており、配管内に水を循環させて加熱するタイプのボイラー。
- 低圧小容量用から高圧大容量用に適する。
- 一般に熱効率が**高い**。
- 保有水量が少なく所要蒸気を発生するまでの時間が**短い**。
- 負荷変動によって圧力や水位が変動しやすい。給水及びボイラー水の処理に注意を要し、高圧ボイラーでは厳密な水管理を行う必要がある。
- ボイラー水の流動方式によって**自然循環式**、**強制循環式**及び**貫流式**の三つに分類される。
- 自然循環式水管ボイラーは、高圧になるほど蒸気と水との密度差が**小さくなる**ためボイラー水の循環力は**減少する**。
- **強制循環式水管ボイラー**は、ボイラー水の循環系路中にポンプを設け、強制的にボイラー水の循環を行わせる形式。
- **曲管式水管ボイラー**は、一般に水冷壁と上下ドラムを連絡する水管群を組み合わせた形式である。
- **放射形ボイラー**は、火炉の炉壁全面に水管を配した水冷壁とし、伝熱面のほとんどを放射伝熱面としたボイラーで、**高圧大容量**のボイラーに用いられている。



- **水管ボイラー**は、ドラムと呼ばれる円筒形の容器と配管で構成されており、配管内に水を循環させて加熱するタイプのボイラーです。



水管ボイラーの構造

- 丸ボイラーは直径の大きな胴に貯水し加熱しており、直径の細い配管内に水を循環させている水管ボイラーよりも、伝熱面積あたりの保有水量が大きくなります。保有水量が多いと蒸気発生までの起動時間が長くなります。

### 例題

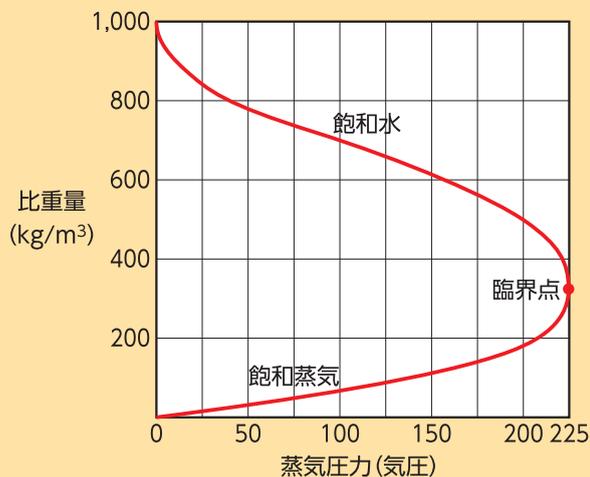
丸ボイラーと比較した水管ボイラーの特徴として、誤っているものは次のうちどれか。

- (1) 構造上、低圧小容量用から高圧大容量用に適する。
- (2) 伝熱面積を大きくできるので、一般に熱効率が低い。
- (3) 伝熱面積あたりの保有水量が大きいので、起動から所要蒸気発生までの時間が長い。
- (4) 負荷変動によって圧力及び水位が変動しやすい。
- (5) 給水及びボイラー水の処理に注意を要し、高圧ボイラーでは厳密な水管理を行う必要がある。

### 解答

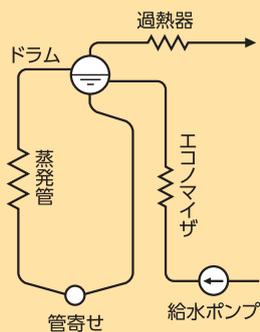
(3)

- 密度とは比重量ともいい単位体積当たりの重量で、単位は $[\text{kg}/\text{m}^3]$ で表されます。下のグラフのとおり、飽和水と飽和蒸気では圧力と比重量(密度)の関係が異なり、飽和水の場合は圧力が上昇すると減少し、飽和蒸気の場合は圧力が上昇すると増加します。圧力の上昇とともに両者の密度の差が小さくなり、臨界点において差がなくなります。

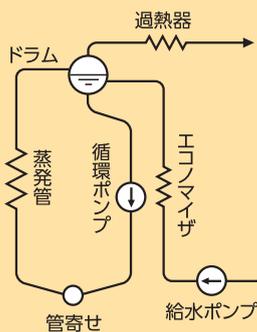


水と蒸気の比重量と圧力の関係

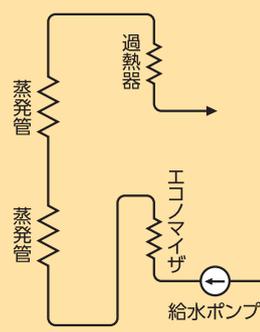
- 水管内の**水の循環**は、高温の気泡を含んだ水と低温の水の密度差による上昇、下降により行われており、水の循環力は、密度差が大きいほど増加し、密度差が小さいほど減少します。したがって、水管ボイラーの圧力が高くなると、密度差が小さくなり水の循環力は減少します。



自然循環ボイラー



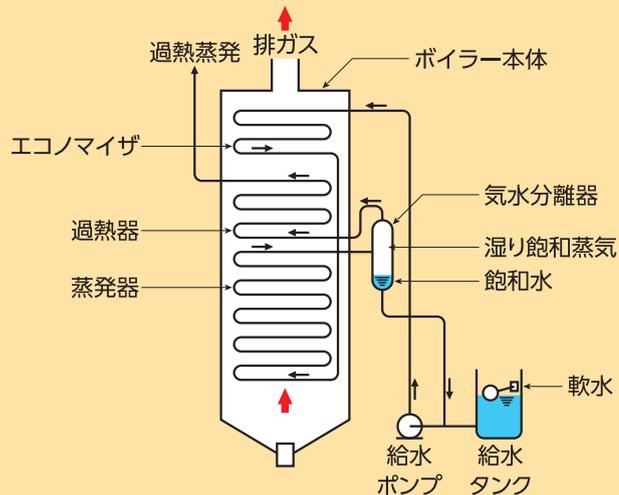
強制循環ボイラー



貫流ボイラー



- **放射形ボイラー**とは、火炉の炉壁全面に水管を配した水冷壁とし、伝熱面のほとんどを放射伝熱面としたボイラーで、高压大容量のボイラーに用いられています。ただし、臨界圧力を超えるような**超臨界圧力ボイラー**は、配管だけで構成される貫流ボイラーが専ら用いられます。



### 例題

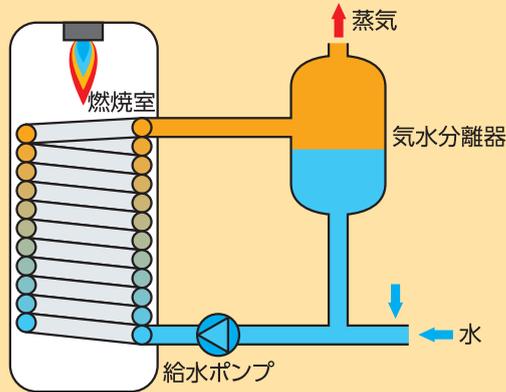
水管ボイラーについて、誤っているものは次のうちどれか。

- (1) 自然循環式水管ボイラーは、高压になるほど蒸気と水との密度差が小さくなるため、ボイラー水の循環力が弱くなる。
- (2) 強制循環式水管ボイラーは、ボイラー水の循環系路中にポンプを設け、強制的にボイラー水の循環を行わせる形式である。
- (3) 曲管式水管ボイラーは、一般に水冷壁と上下ドラムを連絡する水管群を組み合わせた形式である。
- (4) 放射形ボイラーは、熱効率が高くなるため、超臨界圧力用ボイラーに多く用いられる。
- (5) 貫流ボイラーは、管系だけから構成され、蒸気ドラム及び水ドラムを要しないので、高压ボイラーに適している。

### 解答

(4)

- **貫流ボイラー**は、管系だけから構成され、蒸気ドラム及び水ドラムを要しないので、高圧ボイラーに適しています。特に、臨界圧力を超えるような超臨界圧力ボイラーには、専ら貫流ボイラーが用いられています。
- 大規模な火力発電所の超臨界圧力大容量ボイラーから、コンパクトな小容量ボイラーまで、幅広い用途で貫流ボイラーが用いられています。



### 例題

貫流ボイラーについて、誤っているものは次のうちどれか。

- (1) 管系だけから構成され、蒸気ドラム及び水ドラムを要しない。
- (2) 給水ポンプによって管系の一端から押し込まれた水が、エコノマイザ、蒸発部、過熱部を順次貫流して、他端から所要の蒸気を取り出される。
- (3) 細い管内で給水のほとんどが蒸発するので、十分な処理を行った給水を使用しなければならない。
- (4) 高圧大容量のものは製造されていないが、コンパクトな小容量ボイラーとして広く用いられている。
- (5) 負荷の変動によって圧力変動を生じやすいので、応答の速い給水量及び燃料量の自動制御装置を必要とする。

### 解答

(4)

## 例題

超臨界圧力用のボイラーとして採用される構造のボイラーは次のうちどれか。

- (1) 熱媒ボイラー
- (2) 流動層燃焼ボイラー
- (3) 強制循環式水管ボイラー
- (4) 貫流ボイラー
- (5) 放射形ボイラー

## 解答

(4)

## 例題

超臨界圧力用に用いられるボイラーは、次のうちどれか。

- (1) 貫流ボイラー
- (2) 電気ボイラー
- (3) 放射形ボイラー
- (4) 強制循環式水管ボイラー
- (5) 流動層燃焼ボイラー

## 解答

(1)