

平成21年度 エネルギー管理士試験 課目1 「エネルギー総合管理及び法規」

解答

(エネルギーの使用の合理化に関する法律及び命令)

(1) 1-サ	2-ス	3-エ	4-カ	5-ト
(2) 6-ツ	7-ア	8-サ	9-カ	10-ソ

(エネルギーの情勢・政策、エネルギー概論)

(1) 1-ウ	2-キ	(2) 3-イ	4-エ	(3) 5-ウ
6-キ	7-オ	(4) 8-ア	(5) 9-イ	(6) 10-ア

(エネルギー管理技術の基礎)

(1) 1-ア	2-ソ	(2) A-71	B-86	(3) C-2.12
(4) D-46.7	(5) 3-エ	4-ケ	(6) 5-タ	(7) 6-サ
(8) E-1.4	(9) F- 4.21×10^6	(10) 7-ソ	(11) G-1.44	(12) H-30
(13) I- 1.12×10^3	8-ア	(14) 9-ツ	(15) 10-キ(順不同)	11-ケ(順不同)

解説

(エネルギーの使用の合理化に関する法律および命令)

- (1) 1. エネルギーの使用の合理化に関する法律 第1条(目的)より出題。
2. 同法 第2条(定義)より出題。
3. エネルギーの使用の合理化に関する法律施行規則 第9条(エネルギー管理者の選任等の届出)より出題。
4. エネルギーの使用の合理化に関する法律 第11条(エネルギー管理者の職務)より出題。
5. 同法 第16条(合理化計画に係る指示及び命令)より出題。

- (2) 6. 工場・事業場におけるエネルギー使用量は、燃料並びに熱及び電気を合算したエネルギー使用量で計算され、これを原油換算エネルギー使用量で表します。今回の問題では、前年度に使用した燃料の量が原油換算量で1,800kL、電気の量が原油換算量で1,400kLで与えられています。この時、熱の量が与えられていないので「燃料」+「電気」の合算量が前年度の原油換算エネルギー量となります。

$$1,400 + 1,800 = 3,200\text{kL}$$

すなわち3,000kL以上であるので、第一種エネルギー管理指定工場に該当します。

7. エネルギー管理者の具体的な選任基準は「エネルギー使用の合理化に関する法律施行令 第3条」に定められており、熱供給業に属する第一種エネルギー管理指定工場で、1年間の原油換算エネルギー使用量が10kL未満の工場ではエネルギー管理者を1人選任することが義務付けられています。10kL以上の場合は2人選任しなければいけません。今回の問題で問われている工場は地域熱供給業で1年間の原油換算エネルギー使用量が6万kLと10万kL未満であるため、エネルギー管理者を1人選任する必要があります。

8. この問題の工場で燃料のA重油の一部を使用してコージェネレーション設備で発電したb項の電気（2万5千ギガジュール）及び同設備で発電したc項の蒸気（4万ギガジュール）はa項に記載されているA重油（13万ギガジュール）内に含まれています。そのため、エネルギー使用量の計算にb項とc項の内容は含まれません。d項の蒸気も同様にc項の中に含まれていることからa項のA重油に含まれていることがわかります。そのため、d項もエネルギー使用量の計算に含まれません。e項は、他人から供給された電気（2万ギガジュール）はエネルギー使用量の計算に含まれます。f項は、前提として省エネ法で定める燃料に該当されないため、エネルギー使用量の計算には含まれません。

結果として、a項+e項の合計量が問題の工場のエネルギー使用量となります。

9. 「エネルギーの使用の合理化に関する法律施行令 第2条」より、エネルギーの使用量は、「使用した燃料の量」「他人から供給された熱・電気の量」が対象となります。前問より、エネルギーの使用量の合計は、

$$a\text{項} + e\text{項} = 130,000 + 2,0000 = 150,000 \text{ (G J)}$$

となります。ここから、原油換算エネルギー使用量を求めます。

原油換算係数は 0.258[kL/10GJ]より、

$$150,000 \times 0.258 / 10 = \underline{3870[\text{KL}]}$$

10. 工場・事業場判断基準の目標及び措置部分では、エネルギー消費原単位は、生産のために要したエネルギー使用量を生産数量で除して得た値と定められています。問題の a 項～e 項までの中で、d 項のものについては他企業の工場へ販売したものであり、当該工場で生産するために要したエネルギーではないため、エネルギー消費減単位の計算は、

$$a \text{ 項} + e \text{ 項} = \text{合計値} - d \text{ 項}$$

で算出された値がエネルギー使用量となります。

(エネルギー情勢・政策、エネルギー概論)

1. この問題のポイントは、 $[\text{N}] = [\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2]$ を基準として単位変換していくことです。

$$[\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2] = [\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2] \times [\text{m}] = [\text{N} \cdot \text{m}] = [\text{J}]$$

すなわちこれは、1 Nの力が物体に作用してその方向に1 mだけ動かす力の仕事であることからジュール[J]であることがわかります。

2. $1[\text{V}] = 1[\text{W}/\text{A}]$ 、 $1[\text{W}] = 1[\text{J}/\text{S}]$ から基本単位と組立単位を考えていきます。

$$1[\text{V}] = 1[\text{W}/\text{A}] = 1[\text{J}/(\text{s} \cdot \text{A})]$$

これに $[\text{J}] = [\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2]$ を代入すると、

$$1[\text{J}/(\text{s} \cdot \text{A})] = 1[\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2(\text{s} \cdot \text{A})] = \underline{1[\text{kg} \cdot \text{m}^3/\text{s}^3 \cdot \text{A}]}$$

となることがわかります。

3. エネルギー保存の法則により、いかなる変換過程を経てもエネルギーの総量に増減は生じませんがあるエネルギー A を別のエネルギー B に変換する過程において、元になるエネルギー A のすべてが変換後にエネルギー B になるかと問われればそうではありません。この部分で「エネルギー変換効率」と呼ばれる概念が発生します。エネルギー変換効率は、

目的とするエネルギー／元のエネルギー

で求めることができます。

4. 熱エネルギーを力学エネルギーに変換する熱機関で考えると、高温熱源の温度が T_1 [K]、低温熱源の温度が T_2 [K]である場合、この2つの熱源の間で作動するカルノーサイクル熱機関の熱効率は次式で表せます。

$$\eta_c = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

この式の η_c こそがカルノー効率であり、両熱源の間で作動する熱機関の理論効率です。

- 5～7. 太陽電池モジュールを試験するとき、「基準状態：モジュール表面温度 25°C、分光分布 AM1.5、放射照度 $1\text{kw}/\text{m}^2$ 」というものがあります。ここで AM とは大気の状態である「エアマス」の略記号で太陽直達光が地上に入射するまでに通過する大気の状態を表します。真上（太陽高度 90°）からの日射を $\text{AM} = 1$ とし、 $\text{AM} = 1.5$ は光の通過距離が 1.5 倍になり、太陽高度は 42°に該当します。

90°の時に入射する太陽の放射エネルギーの量は $1366\text{kw}/\text{m}^2$ です。太陽光発電は太陽光エネルギーを直接電気エネルギーに変換する発電方式で、太陽電池はこのために使用されます。現在使用されている太陽電池はシリコン製のものがほとんどです。

8. 固体高分子形燃料電池は、固体高分子から成るイオン交換膜を利用する水素－酸素燃料電池になります。燃料の水素は水電解や炭化水素から改質して作り供給するためクリーンなエネルギーなのが特徴です。

9. [ppm]はパーツ・パー・ミリオンの略称で大気中の濃度を表す百万分率の単位です。

二酸化炭素の大気中濃度は年々増加傾向にあります。380[ppm]を[%]で表すと

$$380[\text{ppm}] = 380 \times 100 / 1000000 = \underline{0.0380[\%]}$$

となることがわかります。

10. 天然ガスは、メタンを主成分とするガスであるため燃焼ガス中の二酸化炭素の量は少ないのが特徴です。

しかし、メタン自体に地球温暖化を進める力があるので注意しなければいけません。

二酸化炭素発生量の比率としては、

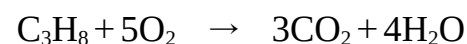
$$\text{石炭} : \text{石油} : \text{天然ガス} = 100 : 80 : 60$$

であることがエネルギー白書にて載せられています。

(エネルギー管理技術の基礎)

(1) 事業者の判断基準は、基準部分と目標及び措置部分に分かれています。基準部分は、6分野ごとに工場・事業場で遵守すべき基準を示しており、目標及び措置部分では、中長期的に見て年平均1%以上のエネルギー消費原単位の低減を目標とした諸目標及び措置の実現への努力等が定められています。

(2) プロパンガスを燃焼したときの反応式を見ていきましょう。



この式がプロパンガスを燃焼させたときの反応式です。

この反応式より、プロパンガス1[m³_N]を燃焼させるために酸素が5[m³_N]必要なことが分かります。

しかし、空気中の酸素が占める割合というのは実際のところ21%しかありません。

理論空気量というのは、酸素の割合を考慮した上での燃焼に必要な空気量のことを言います。

今回の問題では、プロパンガス3[m³_N]です。反応に必要な酸素が15[m³_N]であることが分かります。

空気中の気体が全て酸素であればこの15[m³_N]が理論空気量となりますが、酸素は空気中に21%しかないため、実際に必要な理論空気量は、

$$\text{理論空気量} = \frac{15}{0.21} \doteq 71.4 = 71[\text{m}^3_{\text{N}}]$$

これがプロパンガス 3 [m³_N]を燃焼させるのに必要な理論空気量です。

次に空気比を求めていきます。空気比 α を求めるに、排ガスに含まれる酸素の割合を測定し、計算で導き出します。

問題文より、空気中に含まれる 21%の酸素のうち、3.5%は排ガスに含まれることが分かります。

つまり、空気比 α は

$$\text{空気比} = \frac{0.21}{0.21 - 0.035} = 1.2$$

プロパンガスを燃焼させるために投入される空気量は、理論空気量の 1.2 倍必要ということがここで分かります。

よって、プロパンガス 3 [m³_N]を燃焼させるために投入される空気量は、

$$71.4 \times 1.2 = 85.68 \doteq 86[\text{m}^3_{\text{N}}]$$

(3) 乾き度を x として計算していきます。湿り蒸気 1 [kg]中には x [kg]の飽和蒸気と $(1-x)$ [kg]の飽和水が

含まれるため、湿り蒸気自体は、飽和蒸気と飽和水の合計値で計算することができます。

飽和水及び飽和蒸気は、湿り蒸気の比エンタルピーをそれぞれ h' [kJ/kg]、 h'' [kJ/kg]とすれば、

湿り蒸気の比エンタルピー h [kJ/kg]は、

$$\begin{aligned} \text{湿り蒸気の比エンタルピー } h &= xh'' + (1-x) h' = xh'' + h' - xh' = h' + x(h'' - h') \\ &= 640 + 0.7 \times (2748 - 640) \doteq 2120[\text{kJ/kg}] = 2.12[\text{MJ/kg}] \end{aligned}$$

よって、2.12[MJ/kg]が湿り蒸気の比エンタルピーとなります。

(4) 単位面積 1 [m²]あたりの平板の暑さ方向に伝わる熱流 Q [W/m²]は、板の両面の温度を T_1 [°C]、 T_2 [°C]、

板の厚さを L [m]とし、熱伝導率を λ [W/(m · K)]とします。

これらの条件から、熱流を計算すると以下のようになります。

$$\text{熱流 } Q = \lambda \frac{1}{L} (T_1 - T_2) = 0.2 \times \frac{1}{0.3} (90 - 30) \doteq 46.7 [\text{W/m}^2]$$

熱流は、46.7[W/m²]であることが分かります。

(5) ボイラへの給水の中には、様々な種類の不純物が含まれています。この不純物は、ボイラの蒸気が発生すればするほど濃度が高くなり多くの不純物が含まれ、ある一定値を超えると蒸発管の内部に不純物が付着するようになります。これを排出するための操作をブローと呼んでいます。

工場・事業場の判断基準の基準部分では、加熱された個体または流体が有する顕熱、潜熱、圧力、可燃性成分などの回収利用は、回収を行う範囲について管理基準を設定して行うことが求められています。

(6) 廃熱回収設備を設置する場合、廃熱回収を経済的に裕利にす売ることがエネルギー管理をする上で大切になってきます。有利になるためには様々な条件があり、これを満たすほど経済的に有利になります。

【1】 ある狭い範囲にまとまった廃熱量が存在すること

【2】 廃熱が定常的に発生していること

【3】 廃熱と常温との温度差が大きいこと

【4】 回収熱の利用先が距離的に近く、時間的に一致して存在していること

【5】 回収設備が容易に取付けられること

【6】 廃熱担体の汚れや腐食性が少ないこと

これらの条件に多く当てはまるほど廃熱回収が経済的に有利になります。

(7) バッチ炉では、炉壁への蓄熱量も考慮しなければいけません。蓄熱量を小さくするためには良い断熱材を使用することが重要になりますが、セラミックファイバはその中でも高い断熱効果と厚さを小さく出来る優れた断熱材であることが分かっています。蓄熱量を大幅に低減できることが特徴です。

(8) 問題より、前年度のエネルギー消費原単位は、

$$\text{前年度の消費エネルギー単位} = \frac{6000 \times 9.76 + 660 \times 39.1}{1000} \doteq 84.4$$

同様に今年度の消費エネルギー原単位は、

$$\text{今年度の消費エネルギー単位} = \frac{7,260 \times 9.76 + 740 \times 39.1}{1,200} \doteq 83.2$$

ここまで求めた2つの消費エネルギー原単位を使って改善率を求めていきます。

$$\text{改善率} = 100 - \frac{83.2}{84.4} \times 100 \doteq 1.4[\%]$$

よって、改善率は1.4[%]です。

(9) $1[\text{W} \cdot \text{h}] = 3,600[\text{W} \cdot \text{s}] = 3,600[\text{J}]$ の関係式を用いて計算を解く。

$$\begin{aligned} \text{必要ガス量} &= \text{発電端発生電力量} / \text{効率} \times \text{ガスの高発熱量} \\ &= \frac{20 \times 1,000 \times 3,600}{0.38 \times 45} \\ &\doteq 4,210,000 \\ &= 4.21 \times 10^6 [\text{m}^3_{\text{N}}] \end{aligned}$$

今回の問題に必要なガスの量は $4.21 \times 10^6 [\text{m}^3_{\text{N}}]$ です。

(10) 空気調和設備では、機器の効率を上げるために運用条件を変えると、他の機器のエネルギー使用量が増加するといった相反する場合があります。そのため、工場・事業場判断基準の基準部分では「熱源設備」総合効率を向上させる管理標準の設定を求められています。熱源設備には、熱源機器・その補機・冷却塔などの補機・水搬送設備のポンプなどが含まれます。

(11) 電流を $I[\text{A}]$, 抵抗を $R[\Omega]$ とすると、ケーブル三相分の電力損失 $P_L[\text{kW}]$ は次のようにして求めます。

$$\begin{aligned} \text{電力損失 } P_L &= 3I^2R = 3 \times 80^2 \times 0.0005 \times 150 \\ &\doteq 1440[\text{W}] = 1.44[\text{kW}] \end{aligned}$$

よってこの問題のケーブル三相分の電力損失は $1.44[\text{kW}]$ です。

(12) 負荷電力 P[kW]、力率 $\cos\theta$ から皮相電力[kV・A]を求めていきます。

$P = S\cos\theta$ より、

$$S = \frac{P}{\cos\theta} = \frac{40}{0.8} = 50[\text{kV} \cdot \text{A}]$$

力率を 100[%]にするためには無効電力 Q[kvar]を 0 にし、負荷電力 P = 皮相電力 S にしなければいけません。

すなわち、投入するコンデンサの容量は、無効電力 Q[kvar]となるので、

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{50^2 - 40^2} = 30[\text{kvar}]$$

よって、力率を 100[%]にするために必要なコンデンサの容量は 30[kvar]です。

(13) 定格電圧を V[V]、力率を $\cos\theta$ 、定格時の入力を P[W]とすると、定格電流 I[A]は次のようにして求めることができます。

$P = \sqrt{3}VI\cos\theta$ より、

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V\cos\theta} = \frac{660 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.85} \\ \doteq 1,120 = 1.12 \times 10^3[\text{A}]$$

この問題の定格電流 I[A]は、 $1.12 \times 10^3[\text{A}]$ であることがわかります。

上式より、電流と電圧の関係は反比例にあるため、電圧が増加すると電流は減少します。

電圧 6,600[V]の時の定格電流は、

$$I = 400/6,600 \doteq 0.0606 = 0.06[\text{倍}]$$

すなわち、6,600[V]の時の定格電流は、400[V]の時と比べて 0.06[倍]です。

(14) ポンプやファンは電動機を含めて一般的に低負荷になると効率が悪くなる傾向にあります。効率の良い領域で運転するために工場・事業場判断基準の基準部分では、複数の電動機を使用する場合は、電動機の適正な需要率が良いされるように管理標準を設定しています。電動機の稼働台数及び負荷の適正配分を行うことが求められているのです。

(15) 一般的なファラデー定数としては、96500[C/mol]が有名です。

この96500[C/mol]を1時間あたりの電気量として考えると、 $[C]=[A \cdot s]$ より、

$$96,500 / 3,600 = 26.8[A \cdot h/mol]$$

となる。この数値及び単位は電池の容量や燃料電池発電等の考えに良く用いられ非常に実用的です。

(16) 一般的な照明に関する基準には、JIS（日本工業規格）Z9110に定めている「照度基準」「労働安全衛生規則」「オフィス照明基準」などがあります。管理基準を設定して使用することを求めているのです。また、適宜、調光による減光または消灯を行うことにより、過剰および不要な照明を無くすことを求めています。