

各問題の末尾の【参照】は、当協会が刊行している「船舶電気装備技術講座 2022年作成」の掲載場所を示しています。

【電気装備技術基準編】

問 1. 船舶設備規程等で規定されている用語のうち「外洋航行船」について簡潔に述べよ。
(4点)

(解答)

外洋航行船とは次の船舶をいう。

- ① 国際航海に従事する旅客船
- ② 国際航海に従事しない旅客船であって遠洋区域又は近海区域を航行区域とするもの
- ③ 国際航海に従事する総トン数 500 トン以上の非旅客船（漁船を除く。）
- ④ 国際航海に従事しない総トン数 500 トン以上の非旅客船であって遠洋区域又は近海区域を航行区域とするもの

【2 船舶設備規程 2.4 電気設備 2.4.2 発電機及び電動機（説明） 船舶設備規程第 2 条 定義 外洋航行船（42 頁）参照】

問 2. 次の文章は、NK 規則で、交流発電機及び並列運転を行う交流発電機について述べたものである。文中の の中に用語欄の中から最も適切な語句を選び記入せよ。
(0.5 点×8=4 点)

(解答) 問題文の に記載する。

- (1) 自励複巻式発電機を除き、各交流発電機には、 自動電圧調整器 を備えなければならない。
- (2) 交流発電機の整定総合電圧変動特性は、無負荷から全負荷までのすべての負荷において、定格力率のもとで、定格電圧の± 2.5 %以内でなければならない。ただし、非常発電機の場合には、± 3.5 %以内とすることができる。
- (3) 交流発電機の過渡電圧変動特性は、発電機が定格電圧及び定格速度で運転中に、指定限度内の電流及び力率の平衡負荷を急激に発電機に投入又は遮断した場合、定格電圧の 85 % 以上 120 % 以下でなければならない。また、その際、発電機電圧は1.5秒以内に定格電圧の±3%以内に復帰しなければならない。ただし、非常発電機の場合には5秒以内に定格電圧の±4%以内の復帰とすることができる。
- (4) 交流発電機を並列運転する場合、各機の有効電力の不均衡は、各機の定格出力の総和の20%と100%の間のすべての負荷において、各機の定格出力による比例配分の負荷と各機の出力との差がそれぞれ 最大機 の定格有効電力の 15% 又は各機の 25 % を超えることなく、安定運転できるものでなければならない。
- (5) 交流発電機を並列運転する場合、各機の無効電力の不均衡は、最大機の定格無効電力の 10 % 又は最小機の 25%を超えないことと（いずれか小さい方の値以下とする）運転できるものでなければならない。

用語欄：

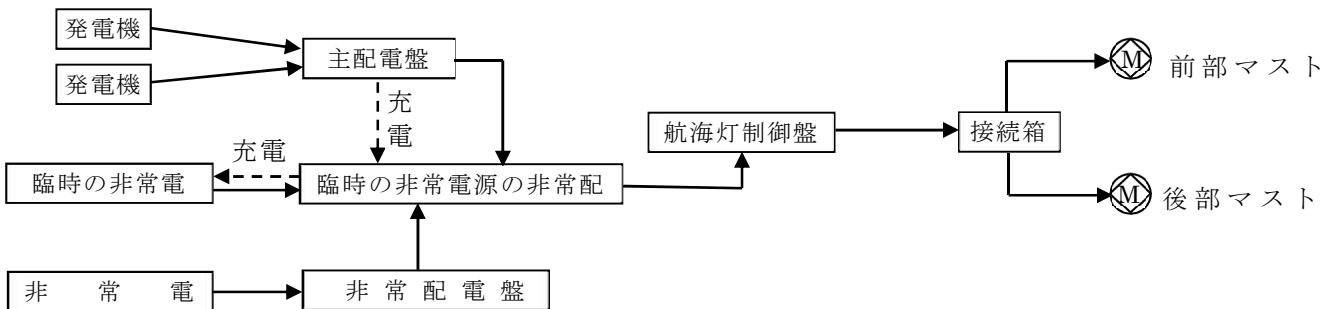
[1.5、2.5、3.5、4.5、10、20、25、85、90、110、120、最小機、最大機、
手動電圧調整器、自動電圧調整器]

【2 船舶設備規程 2.4.2 発電機及び電動機 NK 鋼船規則 H 編 2.4.14 交流発電機
(52 頁) 参照】

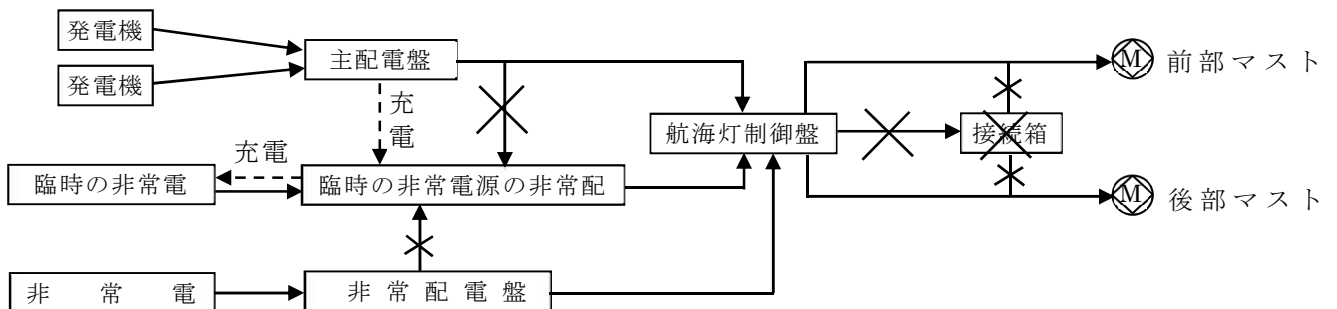
問 3. 次の文章は、船舶設備規程に掲げる航海灯への給電要件を述べている。

- (1) 電気式の航海灯（マスト灯、舷灯、両色灯及び船尾灯をいう。）は、常用の電源のほか予備の独立の電源からも給電することができるものでなければならない。
- (2) 航海灯への給電は、航海船橋上に設けた航海灯制御盤を経てこれをしなければならない。
- (3) 電源から航海灯制御盤までの電路は、すべての電源を通じて 2 回路以上とし、かつ、うち 1 回路は独立のものとし、他の 1 回路は航海船橋上において使用する小形照明器具以外のものに給電する電路と共用しないものとしなければならない。ただし、総トン数 500 トン未満の船舶については、この限りではない。
- (4) 航海灯制御盤から航海灯までの電路は、各灯毎に独立のものでなければならない。

下図は、国際航海に従事する旅客船及び臨時の非常電源を備える船舶に対する航海灯（マスト灯）への給電経路を示すが、給電経路に誤りがある。上記の給電要件を踏まえ、図面上に誤っている給電経路を×印で消し、正しい給電経路を示せ。（6 点）



(解答) 下記に記載する。



【2 船舶設備規程 2.4.11 照明設備 第 271 条(航海灯)、第 272 条 (96、97、98 頁) 参照】

問 4. 「航海用具の基準を定める告示」で定められている船灯の色、水平射光範囲、光達距離及び設置場所について、適切な語句を表中の空欄 に記入せよ。

(0.5 点×16=8 点)

船灯の種類	色	水平射光範囲 (射光角度 〔度〕)	光達距離 〔海里〕	設置場所
第1種マスト灯	白	225 度	6 海里	船舶の 中心線上
第2種マスト灯			5 海里	
第3種マスト灯			3 海里	
第1種舷灯	左舷灯 紅	112.5 度	3 海里	—
第2種舷灯	右舷灯 緑		2 海里	
第1種船尾灯	白	135 度	3 海里	できる限り 船尾近く
第2種船尾灯			2 海里	
第1種両色灯	紅及び緑	左右各舷 112.5 度	2 海里	船舶の 中心線上
第1種三色灯	左舷側 紅 右舷側 緑 後部 白	左右各舷 112.5 度 後部 135 度	2 海里	船舶の中心線上 でマストの最上部又は その付近の最も見えや すい場所
第1種白灯	白	360 度	3 海里	—

【航海用具の基準を定める告示 第2条（船灯等）第1号表（170頁）、及び（解説）（171,172頁）参照】

【電気計算編】

【注意】 電気計算編の数値（解答）は、小数点第2位を四捨五入し小数点第1位まで記載すること。

問5. 電力量について、次の問に答えよ。（4点）

① 電力量の定義を簡単に述べよ。

（解答）

電力量 P_t とは、電力 P 〔W〕が、ある時間内に行う仕事の量をいう。

② 4.5〔kW〕の電熱器を6時間15分使用した。このときの電力量 P_t は何〔kWh〕か。

（解答）

$$\text{電力量 } P_t \text{ [kWh]} = \text{電力 } P \text{ [kW]} \times \text{時間 } t \text{ [h]} = 4.5 \times \left(6 + \frac{15}{60}\right) = 28.1 \text{ [kWh]}$$

【1.電気理論 1.1 電流・電圧・抵抗 1.1.4 電力量（2頁）参照】

問6. 定格容量（皮相電力） S が525〔kVA〕、定格電圧 V が450〔V〕の三相交流発電機について、次の問に答えよ。（8点）

(1) 発電機の定格電流 I 〔A〕はいくらか。計算式を示して答えよ。（2点）

（解答）

$$\begin{aligned} \text{定格容量 } S \text{ [kVA]} &= \sqrt{3}VI \times 10^{-3} \quad \text{[kVA] より} \\ \text{定格電流 } I \text{ [A]} &= \frac{S \times 10^3}{\sqrt{3}V} = \frac{525 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 450} \doteq \frac{525 \times 10^3}{778.5} \doteq 674.4 \text{ [A]} \end{aligned}$$

従って、定格電流は $I = 675$ [A] となる。

【4.3 発電機械 4.3.2 交流発電機 (2) 三相交流発電機 (c) kVA 表示容量 (66 頁) 参照】

- (2) 発電機に接続された船内負荷合計電力が 280[kW]、負荷電流は 438[A]であった。このときの負荷力率[%]はいくらか。計算式を示して答えよ。(2 点)

(解答)

$$\begin{aligned} \text{発電機出力 } P \text{ [kW]} &= \sqrt{3}VI\cos\theta \times 10^{-3} \text{ [kW]} \text{ から} \\ \text{負荷力率 } \cos\theta &= \frac{P \times 10^3}{\sqrt{3} \times V \times I} = \frac{280 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 450 \times 438} = \frac{280 \times 10^3}{340983} \cong 0.8211 \\ \text{従って } &82.1 \text{ [\%]} \end{aligned}$$

【4.3 発電機械 4.3.2 交流発電機 (2) 三相交流発電機 (a) 出力 (65 頁) 参照】

- (3) 定格出力(定格力率)で運転中の発電機を急に無負荷にしたとき電圧が一時的に 487 [V]となった。この時の電圧変動率 ε [%]はいくらか。計算式を示して答えよ。(2 点)

(解答)

$$\text{電圧変動率 } \varepsilon \text{ [\%]} = \frac{V_0 - V_n}{V_n} \times 100 = \frac{487 - 450}{450} \times 100 = \frac{37}{450} \times 100 \cong 8.2 \text{ [\%]}$$

ただし、 V_0 : 定格出力から無負荷になったときの電圧、 V_n : 定格電圧 (定格負荷時の電圧)

【4.3 発電機械 4.3.2 交流発電機 (2) 三相交流発電機 (f) 電圧変動率 (66 頁) 参照】

- (4) 定格力率 80 [%]で、発電機に定格負荷がかかっているときの原動機出力 P_E [kW]はいくらか。計算式を示して答えよ。ただし、発電機の効率は 93.6 [%]とする。(2 点)

(解答)

$$\text{原動機出力 } P_E \text{ [kW]} = \frac{P}{\eta} = \frac{S\cos\theta}{\eta} = \frac{525 \times 0.8}{0.936} = 448.7 \text{ [kW]}$$

又は、

$$\begin{aligned} \text{原動機出力 } P_E \text{ [kW]} &= \frac{P}{\eta} = \frac{\sqrt{3}VI\cos\theta \times 10^{-3}}{\eta} \\ &= \frac{\sqrt{3} \times 450 \times 674 \times 0.8 \times 10^{-3}}{0.936} = 449.0 \text{ [kW]} \end{aligned}$$

【4.3 発電機械 4.3.2 交流発電機 (2) 三相交流発電機 (b) 原動機出力 (66 頁) 参照】

- 問 7. 定格が、AC440V、60Hz、極数 P が 4 極、出力が 37kW の三相誘導電動機に、定格の電圧を印加し、定格負荷をかけたとき、定格電流 60A、回転数 1755min^{-1} 、力率 88.2%であった。これに関し、次の問に答えよ。(4 点)

- (1) 電動機の入力 P_I [kW]はいくらか。計算式を示して答えよ。(1 点)

(解答)

$$\text{入力 } P_I \text{ [kW]} = \sqrt{3}VI\cos\theta \times 10^{-3} = \sqrt{3} \times 440 \times 60 \times 0.882 \times 10^{-3} \cong 40.3 \text{ [kW]}$$

【6. 電動機と応用 6.3 三相誘導電動機 6.3.1 入力 (84 頁) 参照】

- (2) 電動機の効率 η (イ-タ) [%]はいくらか。計算式を示して答えよ。(1 点)

(解答)

$$\text{出力 } P_O \text{ [kW]} = \sqrt{3}VI\cos\theta \times 10^{-3} \times \eta = P_I \times \eta \text{ [kW]} \text{ より}$$

$$\eta = \frac{P_O}{P_I} = \frac{37}{40.3} \cong 0.918 \text{ すなわち } 91.8 \text{ [\%]}$$

【6. 電動機と応用 6.3 三相誘導電動機 6.3.6 効率 (85 頁) 参照】

- (3) 電動機の同期速度 N_s [min^{-1}]はいくらか。計算式を示して答えよ。(1点)

(解答)

$$N_s = \frac{120 \times f}{P} = \frac{120 \times 60}{4} = 1800 \quad [\text{min}^{-1}]$$

【6. 電動機と応用 6.3 三相誘導電動機 6.3.3 回転磁界の回転速度 (85頁) 参照】

- (4) 電動機のすべり s [%]はいくらか。計算式を示して答えよ。(1点)

(解答)

$$\text{すべり } s \text{ [%]} = \frac{N_s - N}{N_s} \times 100 = \frac{1800 - 1755}{1800} \times 100 = 2.5 \quad [\%]$$

【6. 電動機と応用 6.3 三相誘導電動機 6.3.4 すべり (slip) (85頁) 参照】

問 8. 一次側電圧 V_1 が 440 [V]、二次側電圧 V_2 が 105 [V]、容量 P_0 が 25 [kVA] の単相変圧器 3 台の組合せについて、下記の問題に答えよ。計算は、三相交流の容量を求める基本式「 $P = \sqrt{3} \times V_l \times I_l$ [VA]」を用いて行うこと。(12点)

- (1) 単相変圧器 3 台を Δ (デルタ) 結線にしたときの、変圧器バンクの容量 (P_Δ) はいくらか。(2点)

(解答)

Δ 結線の場合、単相変圧器の線間電圧 V_ℓ は相電圧 V_p に等しく、線電流 I_ℓ は相電流 I_p の $\sqrt{3}$ 倍となる。

すなわち、 $V_l = V_p$ 、 $I_l = \sqrt{3}I_p$ 及び、 $P_0 = V_p \times I_p \times 10^{-3} = 25$ [kVA]であるから。

$$P_\Delta = \sqrt{3}V_l I_l \times 10^{-3} = \sqrt{3} \times V_p \times \sqrt{3}I_p \times 10^{-3} = 3 \times V_p \times I_p \times 10^{-3} = 3 \times P_0 = 3 \times 25 = 75.0 \text{ [kVA]}$$

- (2) 単相変圧器 3 台を Δ (デルタ) 結線にしたときの一次側定格電流 (I_1) はいくらか。(2点)

(解答)

$$P_\Delta = \sqrt{3}V_1 \cdot I_1 \times 10^{-3} = 75 \text{ [kVA]} \text{ であるから}$$

$$I_1 = \frac{P_\Delta \times 10^3}{\sqrt{3} \times V_1} = \frac{75 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 440} \approx 98.5 \quad [\text{A}]$$

- (3) 単相変圧器 3 台を Δ (デルタ) 結線にしたときの二次側定格電流 (I_2) はいくらか。(2点)

(解答)

$$P_\Delta = \sqrt{3}V_2 \cdot I_2 \times 10^{-3} = 75 \text{ [kVA]}$$

$$I_2 = \frac{P_\Delta \times 10^3}{\sqrt{3} \times V_2} = \frac{75 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 105} \approx 412.9 \quad [\text{A}]$$

- (4) 単相変圧器 2 台を V 結線にしたときの容量 (P_V) はいくらか。(2点)

(解答)

V 結線の場合、 $V_\ell = V_p$ 、 $I_\ell = I_p$ となる。したがって、

$$P_V = \sqrt{3}V_\ell \cdot I_\ell \times 10^{-3} = \sqrt{3}V_p \cdot I_p \times 10^{-3} = \sqrt{3} \times P_0 = \sqrt{3} \times 25 \approx 43.3 \text{ [kVA]}$$

- (5) 単相変圧器 2 台を V 結線にしたときの利用率 (u : ウプシロン)はいくらか。(2 点)
(解答)

$$u = \frac{\text{V 結線容量}}{2 \times \text{単相変圧器容量}} = \frac{\sqrt{3} \times V_p \times I_p \times 10^{-3}}{2 \times V_p \times I_p \times 10^{-3}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 0.865, \text{ 従って } 86.5 \text{ [\%] となる。}$$

- (6) Δ 結線と V 結線の出力の割合 (δ) はいくらか。(2 点)
(解答)

$$\delta = \frac{\text{V 結線容量}}{\Delta \text{結線容量}} = \frac{\sqrt{3} \times V_p \times I_p \times 10^{-3}}{3 \times V_p \times I_p \times 10^{-3}} = \frac{\sqrt{3}}{3} \approx 0.577, \text{ 従って } 57.7 \text{ [\%] となる。}$$

【5.1.7 単相変圧器三相結線時の容量、5.1.8 単相変圧器 V 結線時の容量 (76、77 頁) 参照】

【電気機装設計編】

問 9. 次の文章は、NK 入級船舶内航タンカーの電気部仕様書の一部を述べたものである。

文中の の中に用語欄の中から最も適切な語句を選び記入せよ。

(0.5×12=6 点)

(解答) 問題文の に記載する。

(1) 配電盤

発電機及び陸上電源からの電力を受電し、船内各負荷に給電するための主配電盤一式を機関室に装備する。

主配電盤 及び非常発電機からの電力を受電し、非常用負荷に給電するための非常配電盤一式を非常発電機室に装備する。

主配電盤は、発電機盤、 同期盤、440V 給電盤、及び 100V 給電盤にて構成される鋼板製デッドフロント防滴自立形とする。

非常配電盤は、発電機盤、440V 給電盤、及び 100V 給電盤にて構成される鋼板製デッドフロント防滴自立形とする。

配電盤には、気中遮断器、配線用遮断器、各種計器、表示灯、地絡灯、その他必要な計器を完備し、取扱者の保守、点検・監視、操作が容易なようにすべてを機能的に配置し、できる限り軽量、小形とする。

また、配電盤の前後面には絶縁性の保護 手すり を設けるとともに、前面及び後面の床上に絶縁性の 敷物 を設けて取扱者の安全を図る。

【1. 設計業務 1.2 基本設計と詳細設計 1.2.4 電気部仕様書 4 項 配電装置 (12 頁) 参照】

(2) 非常停止装置

通風機及び燃料油ポンプなどの電動機は、下記の区分に従い火災発生の際に遠隔発停ができる非常停止スイッチを設ける。

イ. 機関室のすべての通風機、燃料ポンプ、潤滑油ポンプ、熱媒油ポンプ、貨物ポンプ、油清浄器及び ボイラ送風機 に対して、1 個のスイッチを機関室出入口付近に装備する。

また、機関室通風機については、火災制御場所にもスイッチを 1 個装備する。

なお、機関室通風機の内 1 台は 排煙用 に使用するため上記の非常停止回路より除き、単独の発停用押しボタンスイッチを機関室出入口付近に装備する。

ロ. **ポンプ室通風機** 及び居住区通風機（小形ファンは除く。）に対して各 1 個のスイッチを機関室出入口付近及び **操舵室** にそれぞれ装備する。

【1. 設計業務 1.2 基本設計と詳細設計 1.2.4 電気部仕様書 5 項 動力装置（13 頁）参照】

(3) 電路

一般に主要電路のケーブルは金属ハンガに敷設し、できる限り背後の金属構造物への塗装を妨げないように敷設する。

居住区内張内や木壁部には直接敷設してもよい。

機関室、居住区画は **亜鉛めっき** の鋼製巻バンド及び非金属製バンド（難燃性）で固定する。暴露部、浴室、調理室は、**SUS 製** の巻バンド及び非金属製バンド（難燃性）にて固定する。

ケーブルが水密隔壁又は甲板を貫通する場合には、電線貫通金物又は防水形電線貫通箱を使用する。

ケーブルは、蒸気管などの高温部からできる限り離して敷設し、機械的損傷を受けやすい場所に敷設する場合は、鋼板、鋼管又は可とうチューブを使用してケーブルを保護する。

船尾から船首への配線は上甲板上に敷設し、**鋼管** によって保護する。

電線の線端処理は十分に留意して行い、ケーブルの接続及び分岐は接続箱又は **端子箱** などで行う。

ただし、危険区域内では防爆形以外の器具でケーブルの接続及び分岐を行ってはならない。

【1. 設計業務 1.2 基本設計と詳細設計 1.2.4 電気部仕様書 2 項 配線（10 頁）参照】

用語欄：

[主配電盤、非常配電盤、給電盤、同期盤、分電盤、手すり、敷物、絶縁性、ボイラ送風機、ポンプ室通風機、消火海水ポンプ、排煙用、給気用、亜鉛めっき、SUS 製、樹脂製、鋼製、鋼管、銅管、端子箱、操舵室、舵機室、ポンプ室、機関室]

問 10. 下表は、電力調査表の一部を記載したものである。空欄の必要な箇所（ 印）に数値を記入し、装備すべき発電機の容量と台数を下表の下の発電機定格出力表の中から選んで決定せよ。ただし、負荷の総合力率は、80%（遅れ）とし、数値は小数点第2位を四捨五入し、小数点第1位まで記載すること。なお、出力欄下段の%値は電動機の効率を示し総入力を計算する際に使用する。（0.5×24=12点）

装置名	電動機			需要率:DF [%] と電力消費量 [kW]											
	出力 (kW)	台 数	総 入 力 (kW)	航海中			出入港中			荷役中			停泊中		
				DF (%)	[kW]		DF (%)	[kW]		DF (%)	[kW]		DF (%)	[kW]	
					C. L	I. L		C. L	I. L		C. L	I. L		C. L	I. L
揚錨機兼揚貨機用油圧ポンプ	90 93.5 %	1	96.3				80	77.0		80	77.0				
主機潤滑油ポンプ	55 93.5 %	1	58.8	70	41.2		70	41.2							
主機冷却海水ポンプ	22 92.8 %	1	23.7	70	16.6		70	16.6							
消防兼雑用水ポンプ	37 93.2 %	1	39.7				70		27.8	70		27.8	70		27.8
燃料油移送ポンプ	5.5 89.5 %	1	6.1	80		4.9	80		4.9	80		4.9			
操 舵 機	15.0 91.3 %	2	16.4 ×2	25 ×1/2	4.1		50 ×1/2	8.2							
その他の連続運転負荷（航海中）	250.0	1	295.0	70	206.5										
その他の断続運転負荷（航海中）	67.0	1	75.0	80		60.0									
その他の連続運転負荷（出入港中）	400.0	1	470.0				70	329.0							
その他の断続運転負荷（出入港中）	68.0	1	76.0				80		60.8						
その他の連続運転負荷（荷役中）	320.0	1	355.5							70	248.9				
その他の断続運転負荷（荷役中）	82.6	1	90.0							80		72.0			
その他の連続運転負荷（停泊中）	138.5	1	154.0										70	107.8	
その他の断続運転負荷（停泊中）	48.0	1	54.0										80		43.2
連続運転負荷需要電力 [kW]				268.4			472.0			325.9			107.8		
断続運転負荷合計電力 [kW]				64.9			93.5			104.7			71.0		
1/不等率(Diversity Factor) [%]				60			60			60			60		
断続運転負荷需要電力 [kW]				38.9			56.1			62.8			42.6		
合計需要電力 [kW]				307.3			528.1			388.7			150.4		
運 転 発 電 機 [kW]				360 × 1 台			360 × 2 台			360 × 2 台			360 × 1 台		
発 電 機 負 荷 率 [%]				85.4			73.3			54.0			41.8		
設 備 発 電 機 容 量 × 台 数				360 kW (450 kVA) × 2 台											

発電機定格出力表 [kW]、力率=0.8

C. L……連続運転負荷 I. L……断続運転負荷

240, 300, 360, 420

[解説]

- ① 揚錨機兼揚貨機は、個々のものは断続運転負荷と考えられるが出入港中及び荷役中の期間に限定すれば一群を連続運転負荷とみなして計算するのが妥当です。

揚錨機兼揚貨機の電力消費量（需要電力）は次により算定します。

$$\text{電力消費量} = \text{総入力} \times \text{需要率 (DF : Demand Factor)} = 96.3 \times 0.8 = 77.0 \text{ [kW]}$$

- ② 主機潤滑油ポンプは、航海中及び出入港中は連続して運転されるので、連続運転負荷に区分され、総入力及びC.L.（連続運転負荷）の欄には、次により計算して記入します。

$$\text{総入力} = \frac{\text{出力}}{\text{効率}} = \frac{55}{0.935} = 58.8 \text{ [kW]}$$

$$\text{電力消費量} = \text{総入力} \times \text{需要率 (DF : Demand Factor)} = 58.8 \times 0.7 = 41.2 \text{ [kW]}$$

- ③ 主機冷却海水ポンプ及び操舵機は、航海中及び出入港中は連続して運転されるので、連続運転負荷に区分され、それぞれC.L.（連続運転負荷）の欄に電力消費量（需要電力）を計算して記入します。

計算の要領は、①、②と同様になります。

- ④ 消防兼雑用水ポンプ、燃料油移送ポンプは、常時は使用せず、断続的な使用となるので断続運転負荷に区分し、それぞれI.L.（断続運転負荷）の欄に電力消費量（需要電力）を計算して記入します。

- ⑤ 連続運転負荷需要電力は連続運転（C.L欄）負荷の縦列の合計を計算して記入します。

（航海中の計算例）

$$41.2 + 16.6 + 4.1 + 206.5 = 268.4 \text{ [kW]}$$

連続運転負荷需要電力（268.4 [kW]）は総合需要電力の算定式中の ΣP_c に該当します。

- ⑥ 断続運転負荷合計電力は断続負荷（I.L欄）負荷の縦列の合計を計算して記入します。

（航海中の計算例）

$$4.9 + 60.0 = 64.9 \text{ [kW]}$$

- ⑦ 断続運転負荷需要電力は次式により計算します。

（航海中の計算例）

$$\text{断続運転負荷需要電力} = \frac{\text{断続運転負荷合計電力}}{\text{不等率}} = 64.9 \times 0.6 = 38.9 \text{ [kW]}$$

断続運転負荷需要電力（38.9 [kW]）は総合需要電力の算定式中の $x\Sigma P_l$ に該当します。

- ⑧ 合計需要電力は次式により計算します。

（航海中の計算例）

$$\begin{aligned} \text{合計需要電力} &= \text{連続運転負荷需要電力} + \text{断続運転負荷需要電力} \\ &= 268.4 + 38.9 = 307.3 \text{ [kW]} \end{aligned}$$

合計需要電力 307.3 [kW] は総合需要電力の算定式中の P_G に該当します。

- ⑨ 運転発電機容量は航海中の合計需要電力に対し、発電機負荷率 80~85% 若しくは 85% 前後を目安に選定します。

a. 今、発電機負荷率を80%に想定すれば、発電機出力 = $\frac{307.3}{0.8} = 384.1 \text{ [kW]}$ となる。

b. また、発電機負荷率を85%に想定すれば、発電機出力 = $\frac{307.3}{0.85} = 361.5 \text{ [kW]}$ である。

上記 a. 及び b. と問題ページの下段の「発電機定格出力表 [kW]」から、出力 360 [kW] の発電機を選定することが妥当となります。

⑩ 発電機負荷率は次式により計算します。

(航海中の計算例)

$$\text{発電機負荷率} = \frac{\text{合計需要電力}}{\text{運転発電機出力}} \times 100 = \frac{307.3}{360} \times 100 = 85.4 \text{ [\%]}$$

⑪⑨で1台の発電機出力は 360 [kW] を選定しました。次に、出入港中及び荷役中の合計需要電力から、設備する発電機の台数は 360 [kW] × 2 台とします。

⑫ 発電機の定格力率は 80 [%] 遅れであるから発電機容量 [kVA] は次により計算します。

$$\text{発電機容量 [kVA]} = \frac{\text{発電機出力 [kW]}}{\text{力率}} = \frac{360}{0.8} = 450 \text{ [kVA]}$$

力率 80% は、発電機設計上の定格力率で、実際の力率は、運転している負荷の総合力率で決まります。

【 2.2 電源装置 2.2.1 発電機 (3) 電力調査表 (37~41 頁) 参照】

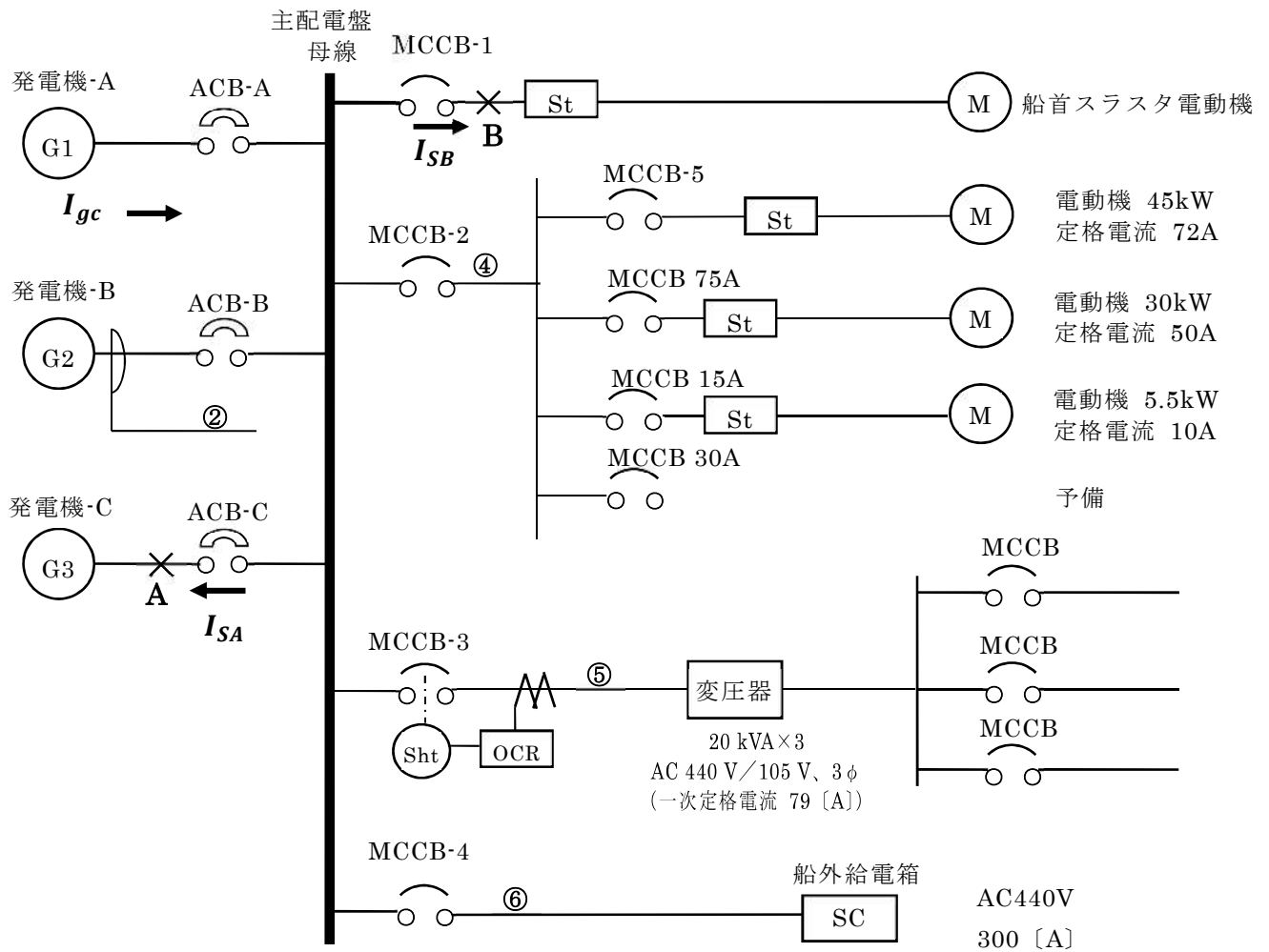
問 11. 次の主電路系統図について以下の問に答えよ。

ただし、3 台の交流発電機の要目はすべて同じとする。また、交流発電機 A、B、C 及び船首スラスト電動機の要目は下記の通りとする。

発電機-A、-B、-C	: 600	[kVA]
定格電圧	: AC 450	[V]
定格周波数	: 60	[Hz]
定格電流 I_g	: 770	[A]
パーセントインピーダンス	%Z	

船首スラスト電動機	: 320	[kW]
定格電圧	: AC 440	[V]
定格周波数	: 60	[Hz]
定格電流 I_m	: 525	[A]

主電路系統図



発電機 3 台並列運転で、船首スラストを運転している条件で、次の設問(1)、(2)及び(3)に答えよ。なお、発電機の短絡電流は「パーセントインピーダンス方式」($I_{gc} = \frac{I_g}{\%Z} \times 100$ [A])で計算すること。また、短絡時の電動機短絡電流(電動機寄与分)は定格電流の 3 倍とし、いずれの場合もケーブルによる短絡電流の減衰は考慮しない。**解答は小数点第 1 位を四捨五入し、整数で記載のこと。(5 点)**

(1) 発電機 1 台が供給する短絡電流 I_{gc} はいくらか。(1 点)

(解答)

$$I_{gc} = \frac{I_g}{\%Z} \times 100 = \frac{770}{12} \times 100 \approx 6,417 \quad [A]$$

(2) A 点で短絡事故が発生した場合、気中遮断器 ACB-C を流れる短絡電流 I_{SA} はいくらか。(2 点)

(解答)

発電機から供給される短絡電流

$$I_{GS} = 2 \times 6,417 = 12,834 \quad [A]$$

船首スラスト電動機から供給される短絡電流

$$I_{ms1} = 3 \times 525 = 1,575 \quad [A]$$

その他の電動機から供給される短絡電流

$$I_{ms2} = 3 \times (72 + 50 + 10) = 3 \times 132 = 396 \quad [A]$$

従って、ACB-C を流れる短絡電流 I_{SA} は次のようになる。

$$I_{SA} = I_{GS} + I_{ms1} + I_{ms2} = 12,834 + 1,575 + 396 = 14,805 \quad [A]$$

(3) B 点で短絡した場合、配線用遮断器 MCCB-1 を流れる短絡電流 I_{SB} はいくらか。(2 点)

(解答)

全発電機から供給される短絡電流

$$I_{GS} = 3 \times 6,417 = 19,251 \quad [A]$$

その他の電動機から供給される短絡電流

$$I_{ms2} = 3 \times (72 + 50 + 10) = 3 \times 132 = 396 \quad [A]$$

従って、MCCB-1 を流れる短絡電流 I_{SB} は次のようになる。

$$I_{SB} = I_{GS} + I_{ms2} = 19,251 + 396 = 19,647 \quad [A]$$

[解説]

- ・主電路系統図において A 点で短絡した場合、ACB-C を流れる短絡電流は発電機-A、発電機-B と MCCB-1、及び MCCB-2 系統の電動機から供給される。
- ・B 点で短絡した場合、MCCB-1 を流れる短絡電流は発電機-A、発電機-B、発電機-C の全発電機と MCCB-2 系統の電動機から供給される。

【2.3.4 短絡電流 (1) IEC 方式 (67 頁) (F) 回路の短絡電流 (80 頁) 参照】

問 12. 次の文章は給電及び配電回路の保護について述べたものである。文章のの中に、用語欄の中から最も適切な語句を選び記入せよ。(0.5×8=4 点)

(解答) 問題文の に記載する。

(1) 選択遮断方式とは、主配電盤母線上の短絡事故を除き、給電及び配電回路の大電流事故の際、発電機用遮断器が開極動作をする前に、**事故点** に最も近い給電線の遮断器だけが開極動作をすることができる保護方式である。

【2.3.3 保護 (2) 選択遮断方式 (59 頁) 参照】

(2) 後備遮断方式とは、電源に最も近い遮断器（後備遮断器）だけがその回路の短絡電流以上の定格遮断容量を持つ。負荷側の遮断器は、その回路の短絡電流よりも **小さな** 遮断容量の遮断器で構成することができる保護方式である。

なお、後備遮断方式を採用する場合には、一般に NK 規則で規定されているように、次の場合において負荷側の遮断器は過度の **損傷** を受けることなく引き続き使用し得るものでなければならない。

(a) 後備遮断器又はヒューズが短絡電流を遮断した場合

(b) 負荷側の遮断器で短絡電流を **投入** し、遮断を後備遮断器又はヒューズが行った場合

【2.3.3 保護 (3) 後備遮断方式 (60 頁) 参照】

- (3) 保護装置の協調とは、短絡電流を含む過電流が回路に流れたとき、**事故回路** のみを遮断し健全な回路を保護するため、遮断器又はヒューズの特性を理解し、上位回路（電源側）の遮断器が下位回路（**負荷** 側）の遮断器より先に遮断しないように適切に組み合わせることである。

【2.3.3 保護 (5) 保護装置の協調 (62 頁) 参照】

- (4) 短絡電流計算は、給電回路に流れる最大 **事故電流** である短絡電流を計算し、回路を保護する気中遮断器、配線用遮断器又はヒューズの容量及び組合せが、回路の安全を確保する上で、適切であることを確認するために行う。

【2.3.4 短絡電流 (66 頁) 参照】

- (5) 優先遮断方式とは、船舶が航海中、運転中の発電機が過負荷になった場合、又は過負荷になるおそれがある場合、重要負荷への給電の **持続** を確保するため、航海の安全上重要でない負荷を自動的に切り離し、発電機負荷を軽減し給電を持続することができる保護方式である。

なお、非重要負荷（重要でない負荷）の考え方は、各船級協会によってある程度の相違があるので注意を要する。一例として、ABS 船級協会では、燃料油移送ポンプ、消防兼用の雑用水ポンプ、ビルジバラストポンプ等は重要負荷とみなしている。

用語欄：

[事故点、電源、損傷、大きな、持続、組合せ、事故回路、非常配電盤、事故電流、遮断、保護、安全、負荷、ヒューズ、小さな、負荷、投入]

【2.3.3 保護 (4) 優先遮断方式 (61 頁) 参照】

問 13. 次の文章は、船舶設備規程に規定される照明灯最終支回路について述べたものである。文中の の中に、用語欄の中から最も適切な語句を選び記入せよ。

(0.5 点×10=5 点)

用語は複数回使用してもよい。

(解答) 問題文の に記載する。

船舶設備規程によれば、分電盤からの照明灯最終支回路に接続する電灯を 15 個以下に制限している。ただし、船舶検査心得には次の追加規定がある。

- (a) 接続する電灯及び小型電気器具の合計 **負荷電流** が最終分岐電路の保護装置の定格電流の **80** %を超えない場合にあつては、**15** 箇を **超える** ものとして差し支えない。この場合、使用するケーブルは JIS C 3410「船用電線」に適合するものであること。
- (b) 次に掲げる要件をすべて満足する場合にあつては、(a)における「定格電流の **80** %を **超えない** 場合」を「定格電流を超えない場合」と読み替えて適用して差し支えない。
- (1) **居住区** 以外で使用するものであること。
 - (2) 負荷電流の特定されない電気機器(**レセプタクル** 等)には接続しないものであること。
 - (3) 保護装置の定格又は設定値は、接続される **電灯** 及び小型電気器具の **最大** 負荷電流を基に決定すること。

用語欄：

[50、80、100、超える、超えない、10、15、20、負荷電流、始動電流、最大、最小、機関室、居住区、事務区画、機械室、電灯、電動機、レセプタクル、蛍光灯]

【2.6.5 照明灯最終支回路（124、125 頁）参照】

【試験・検査編】

問 14. 以下は、船舶安全法に関係のある主要な法律 及び 海上の安全の確保追求に関係する法律の概要を述べたものである。文中の空欄 の中に用語欄の中から最も適切な語句を選び記入せよ。(0.5×10=5 点)

(解答) 問題文の に記載する。

(1) 船舶法及び船舶安全法

船舶法は、船舶の特殊性に鑑み、経済的取引の安全を期するため の制度を設け、国籍及び船籍の制度を規定している。船舶はこの法に依って船籍を定め登記した後、管海官庁に備えつけた船舶原簿に登録して の交付を受けて日本船舶となり、日本船舶に与えられた権利義務の主体となることができるものである。

船舶安全法は、船舶の安全の確保を目途としているものであって、その目的とする処は相互に独立のものであるが、船舶安全法の適用される船舶は、原則として船舶法によって限定されている点で関連を有するものである。

(2) 船舶のトン数の測度に関する法律（略称「船舶トン数法」）

船舶のトン数を正確に、かつ、統一的に し公示する必要から測度の基準及び の交付に関する規定が定められている。

(3) 海上衝突予防法

海上における衝突の予防のため、船舶の遵守すべき航法、表示すべき灯火及び形象物並びに行うべき信号に関し必要な事項を定めることにより、海上における船舶の衝突を予防し、もって船舶交通の安全を図ることを目的とする法律である。(海上衝突予防法第 1 条より)識別のための灯火、汽笛、 信号についても規定している。これらの規定は、 の安全を確保することが目的である。

(4) 漁船法

の発達育成のための一環の法律として漁船の建造調整、登録、依頼検査、試験に関するものを定め、漁船の性能向上と漁業生産力の合理的発展を目途としている。船舶安全法との関係については、海上における の安全確保の至上目的のための堪航性その他の施設等を定めているものであって、漁船といえども船の一形態に過ぎない現実から、これについても安全確保を期しているものである。

(5) 電波法

電波に関する一元的な行政を行い、電波の公平かつ能率的な利用を確保するため、無線局の 、無線設備、無線従事者、運用等を定めている。

船舶に関する無線の強制施設は海上交通の安全を確保する施設として で定め、技術的な基準等は電波法によることとしている。

用語欄：

[船舶検査証書、船舶国籍証書、登記登録、船舶安全法、人員、非常警報、漁業、造船業、測度、国際トン数証書、遭難、船灯、船舶航行、人命、免許]

【第 1 編 3 船舶安全法及び関係政省令 3.11 船舶安全法と他の法令との関係 (1)、(2)、(5)、(9)、(10) (60、61、62 頁) 参照】

問 15. 船舶安全法における次の用語の定義について簡潔に述べよ。(5 点)

(1) 小型船舶(2 点)

(解答)

- ① 総トン数 20 トン未満の船舶をいう。(法第 6 条の 6、小安則第 2 条)
- ② 総トン数 20 トン以上のものであって、スポーツ又はレクリエーションの用のみに供するものとして告示で定める要件に適合する船体の長さ 24m 未満のものをいう。(小安則第 2 条)

【第 1 編 3 船舶安全法及び関係政省令 3.2 船舶安全法の概要 3.2.3 用語の意義 (7) 小型船舶 (17 頁) 参照】

(2) 小型兼用船(1 点)

(解答)

漁船以外の小型船舶のうち漁ろうにも従事するものであって、漁ろうと漁ろう以外のことを同時にしないものをいう。(施行規則第 1 条第 5 項)

【第 1 編 3 船舶安全法及び関係政省令 3.2 船舶安全法の概要 3.2.3 用語の意義 (6) 小型兼用船 (16 頁) 参照】

(3) 旅客船(1 点)

(解答)

旅客定員が 12 人を超える船舶をいう。(法第 8 条第 1 項)

【第 1 編 3 船舶安全法及び関係政省令 3.2 船舶安全法の概要 3.2.3 用語の意義 (1) 旅客船 (15 頁) 参照】

(4) 国際航海(1 点)

(解答)

一国と他の国との間の航海をいう。この場合、一国が国際関係について責任を有する地域又は国際連合が施政権者である地域、たとえば、植民地、保護領、委任統治地は、それぞれ別個の国とみなされる。

(船舶安全法施行規則第 1 条)

【第 1 編 3 船舶安全法及び関係政省令 3.2 船舶安全法の概要 3.2.3 用語の意義 (2) 国際航海 (15 頁) 参照】

問 16. 次の船舶で、船舶安全法による検査対象船舶には○印を、検査対象船舶以外の船舶には×印を () 内につけよ。(0.5×10=5 点)

(解答) 問題文の () に記載する。

- (○) ① 特殊船 (例：潜水船、水陸両用船)
- (×) ② 海上自衛隊及び陸上自衛隊の使用する船舶
- (○) ③ 旅客船
- (×) ④ 日本の海岸から 12 海里以内の海面でのみ従業する総トン数 19 トンの漁ろうにのみ従事する船舶

- (○) ⑤ 総トン数 35 トンの漁船
- (×) ⑥ 旅客定員が 2 人で、“ろ”のみをもって湖川のみを航行する小型の舟
- (○) ⑦ 総トン数 19 トンの危険物ばら積船
- (○) ⑧ 平水区域を航行区域とする旅客定員 10 名の遊覧船
- (○) ⑨ 推進機関を有する他の船舶に押されるものであって、当該推進機関を有する船舶と堅固に結合して一体となる構造を有するもの。
- (○) ⑩ 海上保安庁巡視船

【解説】 船舶安全法による検査対象外の船舶は次のとおりである。

- (1) 6 人を超える人の運送の用に供しない、“ろ”、“かい”のみをもって運転する舟
- (2) 推進機関を有する長さ 12 メートル未満の船舶であって次のいずれかに該当するもの。ただし、危険物ばら積船及び特殊船は、検査対象船になります。
 - (a) 3 人を超える旅客を運送しないものであること。
 - (b) 長さ 5 メートル未満の船舶で 3.7 キロワット以下の船外機付のもの
 - (c) 長さ 5 メートル以上の船舶で 7.4 キロワット以下の船外機付のもの
 - (d) 長さ 3 メートル未満の船舶で推進機関の連続最大出力が 1.5 キロワット未満のもの
- (3) 長さ 12 メートル未満の帆船
ただし、次の船舶は検査対象船になる。
 - (a) 国際航海に従事する船舶
 - (b) 沿海区域を超えて航行する船舶
 - (c) 推進機関を有する船舶
 - (d) 危険物ばら積船
 - (e) 特殊船
 - (f) 旅客を運送する船舶
- (4) 推進機関及び帆装を有しない船舶
ただし、次の船舶は検査対象船になる。
 - (a) 国際航海に従事するもの
 - (b) 沿海区域を超えて航行するもの
 - (c) 平水区域を超えて航行するもののうち、推進機関を有する他の船舶に押されて航行の用に供するもの（沿海区域を航行区域とする推進機関を有する船舶と結合して一体となって航行する船舶で平水区域及び平水区域から最強速力で 4 時間以内に往復できる区域のみを航行するものを除く。）
 - (d) 危険物ばら積船
 - (e) 推進機関を有する他の船舶に引かれ又は押されてばら積みの油の運送の用に供するもの
 - (f) 推進機関を有する他の船舶に引かれ又は押されて人の運送の用に供するもの（ただし、指定された条件に適合する長さ 12 メートル未満の船舶は検査対象外である。）
 - (g) 特殊船
 - (h) 推進機関を有する他の船舶に押されるものであって、当該推進機関を有する船舶と堅固に結して一体となる構造を有するもの。（一体型プッシャーバージ）
 - (i) 係留船 （例）海上レストラン、海上ホテル等
- (5) 災害発生時にのみ使用する救難用の船舶で国又は地方公共団体の所有するもの

- (6) 係船中の船舶
 - (7) 告示で定める水域のみを航行する船舶
 - (8) もっぱら本邦の海岸から 12 海里以内の海面又は内水面で従業する小型漁船
 - (9) 海上自衛隊及び陸上自衛隊の使用する船舶
- 上記以外の船舶は管海官庁の検査対象船舶となる。

【第 1 編 3.4.2 船舶検査対象除外船舶 (21、22 頁) 参照】

前記の解説により問題の解答は、次のようになる。

- ① 特殊船 (例：潜水船、水陸両用船、浮体式洋上風力発電施設) は検査対象船である。
- ② 海上自衛隊及び陸上自衛隊の使用する船舶は検査対象外の船舶である。
- ③ 旅客船 (旅客定員が 12 名を超える船舶) は全て検査対象船となる。
- ④ 「海岸から 12 海里以内の海面で漁ろうにのみ従業する総トン数 19 トンの船舶」は海岸から 12 海里以内の海面で従業する小型漁船 であるから検査対象外の船舶となる。
- ⑤ 「総トン数 35 トンの漁船」は 小型漁船以外の漁船 であるので、すべて検査対象船になる。
- ⑥ 「“ろ”、“かい”をもって運転する舟」で旅客定員が 2 人の船舶は、旅客定員が 6 人を 超えていない ので検査対象外の船舶となる。
- ⑦ 「危険物ばら積船」は どのような形態の船舶 であっても検査対象船になる。
- ⑧ 「平水区域を航行区域とする旅客定員 10 名の遊覧船」は 旅客定員 10 名 を運送するので、船舶の形態にかかわらず検査対象船になる。
- ⑨ 解説 (4) (h) から、検査対象船舶となる。
- ⑩ 海上保安庁巡視船は検査対象船である。

問 17. すべての電気機器及び電路については、船内に据え付けた後、完成検査を行う (船舶検査の方法：B 編 1.6.7-2)。次の 6 項目は、電路の敷設状況等の完成検査における検査箇所を述べている。文中の空欄 の中に最も適切な語句を用語欄から選び記入せよ。(0.5×6=3 点)

(解答) 問題文の空欄 に記載する。

- ① 電路の わん曲 は設備規程第 251 条に適したものであること。
- ② 水密隔壁 、防火隔壁等の電路の貫通部は、貫通金物等を使用して、適切に施工されていること。
- ③ 電路の接続は、 端子箱 又は接続箱により、適切に接続されていること。
- ④ 電路の線端は、 テーピング 等により、適切に処理されていること。
- ⑤ 電路は帯金等により確実に固定され、特に内張り内に敷設する電路は 断熱材 の内部に埋め込まないこと。
- ⑥ 外洋航行船においては、ケーブルの 難燃性 を損なわないように敷設すること。

用語欄：

[難燃性、わん曲、支持、テーピング、ブッシング、水密隔壁、帯金、断熱材、金属管工事、端子箱、接続箱]

【第 1 編 3 船舶安全法及び関係政省令 3.12 船舶検査の方法 (国土交通省 海事局 海検) B 編 第 1 章 第 1 回定期検査等 1.6.7-2 電路の敷設状況等 (66、67 頁) 参照】