

注 意 事 項

- 1 試験開始時刻 14時20分
2 試験種別終了時刻

試験科目	科目数	終了時刻
「電気通信システム」のみ	1科目	15時40分
「専門的能力」のみ	1科目	16時00分
「専門的能力」及び「電気通信システム」	2科目	17時20分

- 3 試験種別と試験科目別の問題(解答)数及び試験問題ページ

試験種別	試験科目	申請した専門分野	問題(解答)数					試験問題ページ
			問1	問2	問3	問4	問5	
線路主任技術者	専門的能力	通信線路	8	8	8	8	8	線1~線16
		通信土木	8	8	8	8	8	線17~線30
		水底線路	8	8	8	8	8	線31~線45
電気通信システム	専門分野にかかわらず共通	問1から問20まで				20	線46~線49	

- 4 受験番号等の記入とマークの仕方

- (1) マークシート(解答用紙)にあなたの受験番号、生年月日及び氏名をそれぞれ該当枠に記入してください。
(2) 受験番号及び生年月日に該当する箇所を、それぞれマークしてください。
(3) 生年月日の欄は、年号をマークし、生年月日に1桁の数字がある場合、十の位の桁の「0」もマークしてください。

[記入例] 受験番号 01CF941234

生年月日 昭和50年3月1日

受 験 番 号									
0	1	C	F	9	4	1	2	3	4
●	○	A	A	0	0	0	0	0	0
①	●	B	B	1	1	●	1	1	1
②	●	C	C	2	2	2	●	2	2
③	○	D	D	3	3	3	3	●	3
④	○	E	E	4	●	4	4	4	●
⑤	○	●	5	5	5	5	5	5	5
⑥	○	G	G	6	6	6	6	6	6
⑦	○	H	H	7	7	7	7	7	7
⑧	○	○	8	8	8	8	8	8	8
⑨	○	●	9	9	9	9	9	9	9

生 年 月 日									
年 号	5	0	0	3	0	1	○	○	○
平成	○	●	○	○	○	○	○	○	○
昭和	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

- 5 答案作成上の注意

- (1) マークシート(解答用紙)は1枚で、2科目の解答ができます。
「専門的能力」は薄紫色(左欄)、「電気通信システム」は青色(右欄)です。
(2) 解答は試験科目の解答欄の正解として選んだ番号マーク枠を、黒の鉛筆(HB又はB)で濃く塗りつぶしてください。
① ボールペン、万年筆などでマークした場合は、採点されませんので、使用しないでください。
② 一つの問いに対する解答は一つだけです。二つ以上マークした場合、その問いについては採点されません。
③ マークを訂正する場合は、プラスチック消しゴムで完全に消してください。
(3) 免除科目がある場合は、その科目欄は記入しないでください。
(4) 受験種別欄は、あなたが受験申請した線路主任技術者(『線路』と略記)を○で囲んでください。
(5) 専門的能力欄は、『通信線路・通信土木・水底線路』のうち、あなたが受験申請した専門的能力を○で囲んでください。
(6) 試験問題についての特記事項は、裏表紙に表記してあります。

- 6 合格点及び問題に対する配点

- (1) 各科目の満点は100点で、合格点は60点以上です。
(2) 各問題の配点は、設問文の末尾に記載してあります。

マークシート(解答用紙)は、絶対に折り曲げたり、汚したりしないでください。

次ページ以降は試験問題です。試験開始の合図があるまで、開かないでください。

受 験 番 号							
(控 え)							

(今後の問い合わせなどに必要になります。)

解答の公表は7月17日10時以降の予定です。 可否の検索は8月5日14時以降の予定です。

試験種別	試験科目	専門分野
線路主任技術者	専門的能力	水底線路

問1 次の問いに答えよ。

(小計20点)

- (1) 次の文章は、メタリックケーブルを用いたアナログ伝送系における雑音及びひずみの種類と特徴について述べたものである。□内の(ア)～(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。ただし、□内の同じ記号は、同じ解答を示す。

(2点×4＝8点)

メタリックケーブルを用いたアナログ伝送系における雑音は、一般に、伝送系内部で発生する雑音と外部から侵入する雑音に分けられる。さらに、伝送系内部で発生する雑音は、信号を伝送していない場合でも存在する基本雑音と信号伝送に伴って発生する□(ア)雑音とに分けることができる。基本雑音は、通話の有無と無関係であることから、信号レベルの低いところで問題となる。この場合、大きな妨害になるものは、一般に、増幅器で発生する雑音であり、その主な成分の一つは、周波数に対して一様に分布している□(イ)雑音である。

一方、伝送系の入力側に加えられた信号波形と出力側に現れる信号波形が異なる現象は、ひずみといわれる。このうち、位相ひずみは、伝送系の位相量が周波数に対して比例関係にないため、すなわち□(ウ)が周波数により異なるために生ずるひずみであり、伝送品質に影響を及ぼす。

また、□(エ)ひずみは、伝送系の入力と出力が比例関係にないために生ずるひずみである。伝送路中の増幅器などの□(エ)ひずみによる高調波及び混変調波の発生は、雑音の原因となる。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

- | | | | |
|-------|-------|--------|----------|
| ① 非直線 | ② 準漏話 | ③ S N比 | ④ インパルス性 |
| ⑤ ビート | ⑥ 減衰 | ⑦ 熱 | ⑧ 磁気 |
| ⑨ 対数 | ⑩ 誘導 | ⑪ 低周波 | ⑫ 群伝搬時間 |
| ⑬ 量子化 | ⑭ 反響 | ⑮ 鳴音 | ⑯ フリッカ |

(2) 次の文章は、光の屈折、反射、入射、伝搬などについて述べたものである。 内の (オ)、(カ)に最も適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。

(3点×2=6点)

(i) 光の屈折、反射などについて述べた次の文章のうち、正しいものは、 (オ) である。ただし、 ϕ_1 は入射角、 ϕ_2 は屈折角とし、いずれも境界面の法線と光のなす角度とする。

<(オ)の解答群>

① 屈折率 n_1 の物質から屈折率 n_2 の物質に光が入射するとき、次の関係が成り立つ。

$$\frac{\sin \phi_1}{\sin \phi_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

② 屈折率 n_1 の物質から屈折率 n_2 の物質に光が入射するとき、 $n_1 < n_2$ の場合、 ϕ_2 が 90 度となる角度 ϕ_1 が存在し、そのときの ϕ_1 を臨界角という。

③ 光ファイバのコアの屈折率を n_1 、クラッドの屈折率を n_2 、光ファイバの最大入射角を θ_{\max} とすると、光源と光ファイバとの結合効率に影響する基本的なパラメータである開口数 NA は、次式で表すことができる。

$$NA = \sin \theta_{\max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

④ 屈折率 n_1 の物質から屈折率 n_2 の物質に、電界が入射面と平行な光 (P 偏光) が入射するとき、 $\phi_1 + \phi_2$ が 90 度で無反射になる現象が生じ、そのときの ϕ_1 はブリュースター角といわれる。

(ii) 光の入射、伝搬などについて述べた次の文章のうち、正しいものは、 (カ) である。

<(カ)の解答群>

① 光ファイバの比屈折率差は、コアとクラッドの屈折率の差を表し、コアの屈折率を n_1 、クラッドの屈折率を n_2 とすると、比屈折率差は $\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2}$ で表され、比屈折率差が大きいと受光可能な入射角も大きくなる。

② 光ファイバへの光の入射点では、空気、コア及びクラッドの三つの屈折率の異なる媒質が接しており、空気とコア及びコアとクラッドのそれぞれの境界面での光の屈折及び反射においてファラデーの法則が成り立つ。

③ 光ファイバにおいて屈折率の異なる境界面で光が全反射しながら伝搬する場合、光の電界はコア内に閉じ込められており、境界面における電界の強さは入射光と反射光との干渉によりゼロになる。

④ SM 光ファイバ中を伝搬する光は、ある波長より短いとシングルモードにならない。このシングルモードとなるための最も短い波長を遮断波長 (λ_c) といい、コアの半径を a 、コアの屈折率を n_1 、クラッドの屈折率を n_2 とすると、 λ_c は次式で表すことができる。

$$\lambda_c = \frac{2 \pi a}{2.405} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

(3) 次の文章は、石英系光ファイバの損失、特性などについて述べたものである。□内の(キ)、(ク)に最も適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。

(3点×2=6点)

(i) 石英系光ファイバの損失、劣化要因などについて述べた次のA～Cの文章は、□(キ)。

- A 光ファイバに損失が発生する原因の一つとして、水素分子による光の吸収がある。この損失は、水素分子が光ファイバ中に存在することで生じ、水素分子を取り除くと減少する可逆的なものとされている。
- B 光ファイバにおける損失特性の温度依存性は小さく、一般に、通常の布設環境においては問題とならないが、ケーブル外被は、温泉などの熱水管に近接して設置された場合など熱的要因により劣化が早まり耐用年数が短くなることがある。ケーブル外被の耐用年数は、熱的要因のほか、化学的要因、紫外線などにも影響される。
- C 光ファイバを放射線下で使用すると、石英ガラスの構造欠陥が放射線によって生じた電子や正孔を捕捉し、光を吸収することで光損失が増加する。放射線による光損失は、一般に、放射線量が増加すると大きくなり、減少すると小さくなる。

〈(キ)の解答群〉

- ① Aのみ正しい ② Bのみ正しい ③ Cのみ正しい
④ A、Bが正しい ⑤ A、Cが正しい ⑥ B、Cが正しい
⑦ A、B、Cいずれも正しい ⑧ A、B、Cいずれも正しくない

(ii) SM光ファイバの特性、ファイバヒューズ現象などについて述べた次の文章のうち、正しいものは、□(ク)である。

〈(ク)の解答群〉

- ① SM光ファイバは、光ファイバ中を伝搬可能な導波モードを一つだけに制限することによって、波長分散による光信号波形の劣化を防止した光ファイバである。
- ② SM光ファイバの屈折率分布は、一般に、ステップインデックス型であり、光ファイバの屈折率分布構造を表すパラメータには開口数、モードフィールド径などがある。
- ③ 光ファイバに入射する光のパワーが大きくなると、光ファイバのコア内の温度が上昇することによりプラズマ状態となり、放電現象が生じて、閃光が光ファイバの中を光源に向かって進むファイバヒューズが発生するおそれがある。
- ④ 光ファイバに強い光を入射すると、長い波長の光が短い波長の光より速く伝わる異常分散領域において、屈折率が変化する、光の位相がずれるなどの非線形光学効果といわれる現象が起きる。

- (1) 次の文章は、光ファイバの分類について述べたものである。□内の(ア)～(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。ただし、□内の同じ記号は、同じ解答を示す。(2点×4=8点)

光ファイバを導波原理によって分類すると、全反射型及び□(ア)反射型に大別できる。全反射型の光ファイバは、コアとクラッドの屈折率差を利用した全反射によって光をコア内に閉じ込めている。□(ア)反射型の光ファイバは、□(イ)のコアとクラッド部に周期的に配列された空孔により形成される屈折率周期構造に光が透過して生ずるフォトリソニックバンドギャップを利用して光をコア内に閉じ込めている。

光ファイバに使用される□(ウ)の材料による分類では、石英系光ファイバ、プラスチック光ファイバなどがある。石英系光ファイバは低損失で伝送特性が優れているため、一般に、光アクセス系及び中継系の伝送路に用いられている。さらに、石英系光ファイバには波長分散の特性を制御したDCF、エルビウムを添加し光増幅媒体として利用されるEDFなどがある。

プラスチック光ファイバは、損失などの面で石英系光ファイバには及ばないが、一般に、□(エ)に優れ、光源と光ファイバの結合が容易な大口径の光ファイバを製造しやすいなどの特徴を持っており、LANなどの短距離通信、宅内配線などに用いられている。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

- | | | | |
|---------|--------|--------------------|--------|
| ① 耐熱性 | ② パンダ型 | ③ 誘電体 | ④ フレネル |
| ⑤ ドーパント | ⑥ 拡散 | ⑦ 伝送帯域 | ⑧ 中空 |
| ⑨ 石英ガラス | ⑩ 耐屈曲性 | ⑪ 鏡面 | ⑫ 結晶体 |
| ⑬ ブラッグ | ⑭ 導電体 | ⑮ 楕円型 ^だ | ⑯ 耐薬品性 |

(2) 次の文章は、MM光ファイバのベースバンド周波数特性、光通信システムで用いられる中継器又は増幅器の特徴などについて述べた文章である。 内の(オ)～(ク)に最も適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。(3点×4=12点)

(i) MM光ファイバのベースバンド周波数特性及び伝送帯域について述べた次の文章のうち、正しいものは、 (オ) である。

＜(オ)の解答群＞

- ① ベースバンド周波数特性は、光ファイバがどこまで高い周波数の変調光信号を伝搬できるかを示すものであり、入射光信号と出射光信号の位相の差で表され、一般に、変調周波数が高くなるほど、また、距離が長くなるほど、チャープの影響により光信号波形は劣化する。
- ② 伝送帯域は、ベースバンド周波数特性において、光信号を電気信号に変換した後の振幅が、変調周波数ゼロのときと比較して6 [dB]減衰するまでの周波数の範囲として求めることができる。
- ③ 伝送帯域特性は光ファイバのモードフィールド径に依存することから、G I型光ファイバの伝送帯域特性は、一般に、その使用波長で伝送帯域が最大となるようにモードフィールド径が設計される。
- ④ G I型光ファイバの伝送帯域はモード分散と波長分散によって制限され、光源にLDを使用する場合には波長分散が、また、LEDを使用する場合にはモード分散が伝送帯域を制限する主な要因である。

(ii) 光通信システムで用いられる中継器又は増幅器の特徴などについて述べた次の文章のうち、正しいものは、 (カ) である。

＜(カ)の解答群＞

- ① 再生中継器を用いた光通信システムでは、3Rといわれる機能を用いて信号を中継するため、一般に、各中継区間で発生する符号誤り、信号波形のひずみ及び雑音が増加することはない。
- ② 波長多重された光信号の中継には、一般に、波長多重された光信号をそのまま増幅する線形中継器が用いられ、線形中継器は、光のまま3R機能のうち識別再生のみを行うことから、1R中継器ともいわれる。
- ③ EDFAは、コア部分にエルビウムを添加した長さ数[km]のSM光ファイバを増幅媒体に用いた増幅器であり、一般に、高利得、広帯域、偏波無依存などの特徴を有している。
- ④ 光ファイバラマン増幅器は、光ファイバの非線形現象である誘導ラマン散乱を利用した増幅器であり、励起光の波長より約100 [nm]長い波長の光を増幅できるなどの特徴を有している。

(iii) 線形中継伝送方式について述べた次の文章のうち、正しいものは、**(キ)**である。

<(キ)の解答群>

- ① 線形中継伝送方式において、信号光と線形中継器で生ずる自然放出光との間のビート雑音は、線形中継器の数に比例して増大し、自然放出光と自然放出光との間のビート雑音は、線形中継器の数の2乗に比例して増大する。
- ② 線形中継伝送で用いられるNZDSFは、DSFのゼロ分散波長である $1.31\mu\text{m}$ 帯より短波長側又は長波長側にずらした光ファイバであり、 $1.31\mu\text{m}$ 帯における低分散とWDM伝送における四光波混合の抑制を両立させている。
- ③ 線形中継器に用いられる光ファイバ増幅器は、一般に、希土類添加光ファイバ、励起用LD及び光電気変換回路で構成され、信頼性に優れているが、伝送路で生じたひずみや雑音が中継区間ごとに累積する特徴がある。
- ④ 光雑音電力の増加を抑えSNを改善するために光ファイバ増幅器の出力を上げると、光ファイバの屈折率が変化するチャーピングが発生して、信号波形が劣化する。

(iv) 光ファイバ通信に使用される光デバイス(受発光器・光アイソレータ・光合分波器)などについて述べた次の文章のうち、誤っているものは、**(ク)**である。

<(ク)の解答群>

- ① LDの光出力は、注入される電流がしきい値を超えると誘導放出現象が生じて急激に増大し、光出力は注入電流に対してほぼ直線的に増加する。この誘導放出により放出された光は、放射広がり角が狭く時間的、かつ空間的コヒーレンスの高い光である。
- ② APDの電流増幅作用は、電界により加速されたキャリアが半導体結晶格子と衝突して、電子と正孔を生成し、それらが更に運動エネルギーを得ることによって、衝突によるイオン化が促進されて、自由キャリアの数が指数関数的に増大する現象である自己励磁現象を利用している。
- ③ LDから放出された光が反射されて光源に戻ってくると、LDの発振が不安定になる。LDと光ファイバとの結合部で生ずる反射光の帰還を阻止するために、LDを用いた光送信器には光アイソレータが組み込まれている。
- ④ 波長の異なる複数の光信号を1本の光ファイバに入射する光合波器や、光ファイバを伝搬してきた複数の異なる波長の光信号を分波する光分波器には、プリズム、干渉膜フィルタ、回折格子などが用いられている。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルの諸特性などについて述べたものである。□内の(ア)～(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。ただし、□内の同じ記号は、同じ解答を示す。(2点×4=8点)

光海底ケーブルには、ケーブルの敷設や回収の際に受ける動的張力に耐える機械的強度やケーブルが敷設される深海底の環境下において長期間にわたって安定した特性を維持することが要求される。

こうした要求事項を満たす光海底ケーブルの諸特性を表す指標の一つに□(ア)がある。光海底ケーブルの水中重量を5.0 [kN/km]、破断強度を100 [kN]とすると、□(ア)は20 [km]となる。これは、当該光海底ケーブルを水深8,000 [m]から回収する場合、□(ア)は水深の2.5倍であることから、回収に耐えることができることを意味している。

また、伝送特性については、光海底ケーブルの伝送品質を劣化させる要因として、光増幅方式を適用した中継光海底ケーブルシステムに用いられる光ファイバにおける非線形光学効果、累積波長分散などが挙げられる。

非線形光学効果による影響を抑えるために使用される光ファイバの一つとして、信号波長帯域では波長分散の値がゼロでないノンゼロ分散シフト光ファイバ(NZDSF)があり、NZDSFは□(イ)と分散スロープ低減光ファイバ(LSF)に分類される。

NZDSFを用いて光伝送路内における累積波長分散量を制御する場合、□(イ)はLSFと比較して□(ウ)ため、光信号パワーの大きい光海中継器の光出力側に□(イ)を配置し、光信号パワーが光ファイバの損失で低下する光海中継器の光入力側にLSFを配置する方法が採られる。

NZDSFの特性を示す指標として、分散スロープがある。分散スロープの単位には□(エ)が用いられ、LSFの分散スロープの値は、0.06程度である。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

- | | | | |
|--------------------|--------------------------|----------------------|----------|
| ① ps/km | ② ps/nm ² /km | ③ ps/nm/km | ④ ps/√km |
| ⑤ 水走り長 | ⑥ モジュラス | ⑦ 動水力学定数 | ⑧ スワス幅 |
| ⑨ 実効断面積が大きい | | ⑩ 信号波長帯域での波長分散が大きい | |
| ⑪ 実効断面積が小さい | | ⑫ 信号波長帯域での波長分散が小さい | |
| ⑬ 大口径負分散光ファイバ(LMF) | | ⑭ 超大口径正分散光ファイバ(SLA) | |
| ⑮ 逆分散光ファイバ(IDF) | | ⑯ カットオフシフト光ファイバ(CSF) | |

(2) 次の文章は、光海底ケーブルの種類、特性などについて述べたものである。□内の(オ)、(カ)に最も適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。

(3点×2=6点)

(i) 光海底ケーブルの保護構造による種類と適用水深について述べた次の文章のうち、誤っているものは、□(オ)である。

＜(オ)の解答群＞

- ① 一重外装ケーブルには、SAL、SAMなどの種類があり、SAMはSALと比較して、LWケーブルを保護する鋼線の径が太く最大適用水深は浅い。
- ② 二重外装ケーブルは、DAといわれ、鋼線を二重に巻いた強固な保護構造を持ち、300[kN]～800[kN]の張力に耐えることができる高張力型ケーブルであるが、一重外装ケーブルと比較して最大適用水深は浅い。
- ③ LWSケーブルは、LWケーブルを鉄テープで覆い、更に高密度ポリエチレンシートで覆う保護構造を持ち、最大適用水深は6,000[m]である。
- ④ LWケーブルは、LWSケーブル及び外装ケーブルのコアとなるケーブルであり、保護構造としては銅チューブをポリエチレン被覆により絶縁した構造である。LWケーブルは、LWSケーブルと比較して、耐張力特性が劣っており最大適用水深は浅い。

(ii) 光海底ケーブルの張力特性を規定する項目について述べた次の文章のうち、正しいものは、□(カ)である。

＜(カ)の解答群＞

- ① システムの性能、寿命及び信頼性を著しく引き下げることなく、ケーブル回収工事に際して約1時間にわたってケーブルに印加することができる短期的な最大の張力は、NTTSといわれる。
- ② システムの性能、寿命及び信頼性を著しく引き下げることなく、海洋工事期間(約48時間)にわたってケーブルに印加することができる平均的な張力の中の最大の張力は、NPTSといわれる。
- ③ システムの性能、寿命及び信頼性を著しく引き下げることなく、長期的にケーブルに印加することができる最大の張力は、CBLといわれる。
- ④ ケーブル両端を固定して張力を印加した場合に、ケーブル破断に至る最小の張力はNOTSといわれ、ケーブルを構成する部材の材質と寸法から求められる。

(3) 次の文章は、光海底ケーブルシステムに用いられている海中設備の接続などについて述べたものである。 内の(キ)、(ク)に最も適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。(3点×2=6点)

(i) 給電装置と光海底ケーブルの給電路との接続及び給電装置の構成について述べた次のA～Cの文章は、 (キ)。

- A 給電装置と光海底ケーブルの給電路との接続には、ビーチマンホールにおいて光海底ケーブルの光ファイバと給電路を分離し、給電路としての給電ケーブルを陸揚局まで引き込み、給電装置に接続する方法がある。
- B 3地点間以上を結ぶフィッシュボーン構成の光海底ケーブルシステムでは、一般に、分岐区間は片端給電構成であり、かつ、ブランチ局の電力プラントは冗長化されていないため、ブランチ局の電力プラント保守作業時に給電を継続することができない。
- C 両端給電構成で2地点間を結ぶポイント・ツー・ポイントシステムでは、一方の陸揚局の電力プラント保守作業時に、対向局の電力プラントで全負荷を担うことにより給電を継続できる場合でも、電力プラントである電力制御部と電力監視部は、全て冗長化されている。

〈(キ)の解答群〉

- ① Aのみ正しい ② Bのみ正しい ③ Cのみ正しい
④ A、Bが正しい ⑤ A、Cが正しい ⑥ B、Cが正しい
⑦ A、B、Cいずれも正しい ⑧ A、B、Cいずれも正しくない

(ii) 光海底ケーブルと光海底中継器の接続部であるケーブルカップリングについて述べた次の文章のうち、正しいものは、 (ク) である。

〈(ク)の解答群〉

- ① ケーブルカップリングは、ジョイントボックスと同様に、敷設や引揚げ時の張力、側圧などの外力、高水圧及び高電圧に耐える性能を有し、一般に、ケーブル船上において、光海底中継器ごとケーブルタンク内に巻き込まれて保管される。
- ② ケーブルカップリングのジンバル部分は、あらゆる方向に約60度まで曲がり、光海底ケーブルシステムの伝送特性や電気特性に影響を及ぼすことなく、耐圧^{きょう}筐体と結合した状態でケーブル船のシーブやドラムケーブルエンジンに巻き付けることができる。
- ③ 外装ケーブル用ケーブルカップリングは、外装鉄線をワイヤクリップでネジ固定し、銅合金でできているカップリング筐体に導電性スペーサを介して引き留めて、外装鉄線に生ずる誘導電流を放電する構造を有している。
- ④ ケーブルカップリングによるケーブル接続部は、給電路としての役割も担っているため、電気的特性の劣化を最小とし、電気的長期信頼性を維持するために、ケーブル接続部全体を絶縁体であるエポキシ樹脂で包むように金型に入れ、加圧しながら加熱熔融し、化学反応により硬化して圧縮成形されている。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルの修理作業における安全手順などについて述べたものである。
 [] 内の(ア)～(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。ただし、
 [] 内の同じ記号は、同じ解答を示す。(2点×4=8点)

光海底ケーブルの修理作業では、電氣的・光学的試験のために陸揚局又はケーブル船上から海中設備へ給電が行われる。この際、陸揚局からの給電によるケーブル船上の作業者の感電などの防止、対向する相手側での事故の防止などのために適切な給電管理が必要となる。

給電時の作業者の勘違い、作業誤りなどを防ぐために、給電管理において、P S Oの任命と
 [(ア)] の交換の手順が確立されている。

修理作業開始前には、修理作業に従事する陸揚局及びケーブル船上において、それぞれ1名のP S Oが指名される。修理作業中では、一般に、ケーブル船上のP S Oを [(イ)] とし、
 [(イ)] が給電に関する全ての管理を行い、試験のためのケーブル船側・陸揚局側のケーブル端の接地(ショート)及びオープンを含む給電操作の指示を行う。

[(ア)] は、 [(イ)] からの命令をケーブル船と対向する陸揚局に伝え、かつ、その回答をするために使われる文書であり、これらのやり取りは原則として電子メールやF A Xなどの書面で行われる。

また、 [(ア)] での命令は、できる限り単純に記載され、受理した命令内容の誤解を避けるため、必要な作業命令は、作業段階ごとに一つずつ確実に行われる。

分岐区間でのケーブル故障の場合、光海底分岐装置(B U)内の [(ウ)] により分岐故障区間を電氣的に切り離して、故障区間以外のトラヒックを疎通させるために給電を継続しながら修理が行われることから、船上作業者の安全を確保するためにP G Uが必要とされる。P G Uは、船上でのケーブル部分を船体アースに接続するものであり、ケーブル導体への接続器具、
 [(エ)] 、ケーブル船へのアースラインなどから構成される。

<(ア)～(エ)の解答群>

- | | | | |
|---------------|----------------|-----------|----------|
| ① 張力表示器 | ② P S M | ③ P C M S | ④ P C O |
| ⑤ O A D M | ⑥ M O P | ⑦ 電磁フィルタ | ⑧ M L O |
| ⑨ ケーブル船運行者 | ⑩ P O W | ⑪ 絶縁抵抗計 | ⑫ 予備ケーブル |
| ⑬ 電流・電圧アラーム装置 | ⑭ ケーブル船上の接続技術者 | | |
| ⑮ ガスチューブアレスタ | ⑯ リレースイッチ | | |

(2) 次の文章は、光海底ケーブルシステムに用いられている監視技術などについて述べたものである。 内の(オ)～(ク)に最も適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。(3点×4=12点)

(i) 光海底ケーブルシステムにおける監視システムの構成などについて述べた次の文章のうち、誤っているものは、 (オ) である。

＜(オ)の解答群＞

- ① 監視システムは、ITU-T勧告で標準化されているTMNアーキテクチャに基づいて構成されており、TMNアーキテクチャは、ビジネス管理層、サービス管理層、ネットワーク管理層など五つの階層から構成されている。
- ② 監視システムは、一般に、クライアントサーバモデルで構成されており、サーバであるMC (Maintenance Controller) 又はEMS (Element Management System) と、クライアントであるHMI (Human Machine Interface) から構成され、各陸揚局などに設置される。
- ③ 各陸揚局の監視システムは、一般に、DCN (Data Communication Network) といわれる監視制御ネットワークにより相互接続されており、DCN故障時の迂回制御には、全てOSI向けルーティングプロトコルであるIS-ISが用いられている。
- ④ 光海底ケーブルシステムでは、多くの機器が遠隔に設置されているため、警報やイベントを検知する各機器の時刻同期にはNTP (Network Time Protocol) が用いられ、システム内の最上位のNTPサーバは、GPS衛星からの時刻情報に同期している。

(ii) 陸揚局に設置されているシステム監視装置(MC)の機能などについて述べた次の文章のうち、正しいものは、 (カ) である。

＜(カ)の解答群＞

- ① 陸揚局ごとにそれを所有する電気通信事業者が異なる場合は、MCのセキュリティ管理機能によって、他の電気通信事業者が所有する陸揚局内を相互に監視及び制御するように設定・運用されている。
- ② MCの障害管理機能としての警報には、装置警報と通信警報があり、装置警報については、警報の重要度及び緊急度をMCでは判定できないため、オペレータは一律に通知される全ての警報の内容を詳細に分析し、重要度及び緊急度の高い警報を抽出しなければならない。
- ③ MCにおける障害管理の主要な目的は、海底区間の異常を検出することであり、MCの監視ネットワークは陸上ネットワークとの整合性を有していないため、MCでは陸上伝送システムを含めた管理はできない。
- ④ MCは、オペレータによる経年劣化の判断や予防措置の実施などをサポートするために、各伝送端局装置が監視・記録しているSESやBBERなどの性能情報を定期的に収集し、そのレポートを作成する性能管理機能を有している。

(iii) E D F A を用いた光海底中継器の S V 機能などについて述べた次の A ~ C の文章は、(キ)。

- A パッシブ S V 機能は、陸揚局から送信された制御コマンド信号を受信した光海底中継器が、光入力レベル、光出力レベル、励起光源駆動電流などの情報から構成されるレスポンス信号を陸揚局へ返送し、これを解析することにより、異常の有無を判定する機能である。
- B アクティブ S V 機能は、陸揚局から送信された監視信号光を光海底中継器内の回路により対向回線に折り返し、陸揚局で受信されたレベルから各中継区間の利得を解析することにより、異常の有無を判定する機能である。
- C コヒーレント O T D R 用パスは、光ファイバペアにおける光海底中継器内の出力側の光ファイバと反対方向の入力側の光ファイバを結ぶ光経路であり、中継区間内の光ファイバ破断などの故障点を評定するためには、故障点までの光海底中継器に給電されている必要がある。

〈(キ)の解答群〉

- ① Aのみ正しい ② Bのみ正しい ③ Cのみ正しい
④ A、Bが正しい ⑤ A、Cが正しい ⑥ B、Cが正しい
⑦ A、B、Cいずれも正しい ⑧ A、B、Cいずれも正しくない

(iv) 光海底ケーブル故障の修理作業時における情報交換などについて述べた次の文章のうち、誤っているものは、(ク) である。

〈(ク)の解答群〉

- ① ケーブル故障が発生すると、陸揚局では給電電圧電流特性試験、C-O T D R 試験などで故障点位置評定を行い、これらの測定結果に基づき、ケーブル所有者側の MA (Maintenance Authority) は推定故障点位置、ケーブル埋設状況などを確認し、これらの情報をケーブル船側に知らせる。
- ② ケーブル故障の修理に際して、M O P (Method of Procedure) といわれる修理計画、及び大まかな作業時間数と修理所要日数が算出された各作業を線表にまとめた P O W (Plan of Work) といわれる修理スケジュールが、ケーブル船側からケーブル所有者側の MA に提案され、これらを基に修理作業が進められる。
- ③ 修理手順に変更が必要な場合は、ケーブル所有者側の MA のうちの船上代表者とケーブル船運行者で協議の上、M O P と P O W の修正が行われ、その変更内容は陸揚局を含む全ての関係者に周知される。
- ④ 修理完了後、ケーブル船側は、故障位置、故障原因、予備物品の使用状況などの修理結果報告書を MA へ提出するとともに、ケーブル保守における基本情報であるケーブル変針点やケーブルタイプの変更点の位置情報などが記載されている S L D に修理結果を反映する。

- (1) 次の文章は、光増幅海底ケーブルシステム(光増幅システム)の設計について述べたものである。
 [] 内の(ア)～(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。ただし、
 [] 内の同じ記号は、同じ解答を示す。(2点×4=8点)

光ファイバ増幅器は、信号のビットレートや変復調方式に依存しない、WDM方式に適しているなどの特徴を有していることから、光ファイバ増幅器を用いた光増幅システムが運用されている。

WDM方式を用いた光増幅システムの伝送システム設計は、ITU-T勧告のG.977で規定されているパワーバジェットの計算方法に準拠した手法で行われる。伝送システム設計時において、検討する重要なパラメータとして、信号光出力と [(ア)] が挙げられる。これらのパラメータは、伝送システム設計の前提条件として提示されるシステム長や [(イ)] などに応じて最適化が図られ、設計寿命終了時においても、所要伝送特性を満たすようにシステム設計が行われる。

具体的には、システム長、信号光出力、 [(ア)] などから計算される伝送後の [(ウ)] をQ値に変換し、光ファイバの非線形性や波長分散による信号波形の劣化などによるQ値の劣化量を勘案して、システム建設直後のQ値を求める。さらに、海中機材の経年劣化、ケーブル修理などに起因する [(ウ)] の低下量を考慮し、設計寿命でのQ値を求める。この設計寿命でのQ値が、受信機に搭載されている誤り訂正符号の訂正能力で決まる受信感度を下回ることのないよう、一般に、Q値で [(エ)] [dB]のシステムマージンを確保するように、信号光出力や [(ア)] が決定されている。

- <(ア)～(エ)の解答群>
- | | | | |
|------|--------|-----------|------------|
| ① 1 | ② 稼働率 | ③ 減衰定数 | ④ バースト誤り |
| ⑤ 3 | ⑥ EDF長 | ⑦ 光SN比 | ⑧ 伝送容量 |
| ⑨ 6 | ⑩ 信頼性 | ⑪ 自然放出光雑音 | ⑫ 符号化率 |
| ⑬ 10 | ⑭ 雑音指数 | ⑮ 中継間隔 | ⑯ 光ファイバペア数 |

(2) 次の文章は、光海底ケーブルシステムに用いられる光増幅技術、設計などについて述べたものである。□内の(オ)～(ク)に最も適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。(3点×4=12点)

(i) 光増幅海底ケーブルシステム(光増幅システム)に用いられているEDFAの特性などについて述べた次の文章のうち、誤っているものは、□(オ)である。

<(オ)の解答群>

- ① EDFAは、石英ガラスに添加したエルビウムイオンのエネルギー準位間遷移を利用して波長1.55[μm]の光信号帯域において、30[nm]程度の利得帯域を有している。
- ② EDFAを多段接続するとEDFAの自己フィルタリング効果により利用可能な利得帯域が狭くなってしまいうため、長距離光増幅システムでは、自己フィルタリング効果により狭くなった利得帯域を拡大するための利得等化が必要となる。
- ③ EDFAの利得特性は、環境温度や光入力レベルによって変化し、適用温度範囲内において低温になると長波長側の利得が低下し、光入力レベルが低下すると長波長側の利得が増加する。
- ④ 光増幅システムにおいて、EDFAのASE雑音などによる伝送品質の劣化により光信号レベルでは通信に必要な伝送品質を確保できない場合、光伝送端局装置内においてFECとしてリードソロモン符号などを用いた符号誤り訂正により、電気信号レベルで所要の伝送品質を確保する方法が採られている。

(ii) 光増幅海底ケーブルシステム(光増幅システム)の伝送品質を劣化させる要因とその対策などについて述べた次のA～Cの文章は、□(カ)。

- A 光増幅システムは、光海底中継器などに使用される光デバイスの特性による偏波依存性を有している。偏波依存性の一つとして、EDFAに使用される光カップラ、光アイソレータなどの光受動デバイスの特性に起因する偏波依存損失がある。
- B 光ファイバの偏波モード分散は、光信号の偏波状態により変化するため、光信号の特性に時間的な変動を生じさせる要因となる。偏波モード分散による伝送特性劣化を低減する方法としては、伝送路に利得等化器を挿入する方法がある。
- C EDFAの偏波ホールバーニングによる光SN比劣化を低減するため、一般に、ある値以上の周波数で信号光の偏波状態をランダムに変化させる偏波スクランブラが光伝送端局装置の送信部に装備されている。

<(カ)の解答群>

- ① Aのみ正しい ② Bのみ正しい ③ Cのみ正しい
- ④ A、Bが正しい ⑤ A、Cが正しい ⑥ B、Cが正しい
- ⑦ A、B、Cいずれも正しい ⑧ A、B、Cいずれも正しくない

(iii) 無中継システムの特徴について述べた次の文章のうち、誤っているものは、(キ) である。

＜(キ)の解答群＞

- ① 無中継システムの伝送距離を延伸するには、光ファイバへの入力信号光パワーを大きくすることが有効であるが、光ファイバへの入力信号光パワーは、誘導ブリルアン散乱(SBS)により制限される。SBSの発生しきい値は、光ファイバの単位長さ当たりの光伝送損失に依存し、光信号のスペクトル線幅には依存しない。
- ② 無中継システムに使用される光ファイバには、低損失性が要求されるため、コアにゲルマニウムを添加した一般的なシングルモード光ファイバのほかに、コアは純石英で、クラッドにフッ素を添加したシングルモード光ファイバが使用される場合がある。
- ③ 海中に設置されて陸上の光伝送端局装置の励起光源により動作する遠隔励起光増幅器は、送信端近傍では信号光パワーが大きく、使用可能な励起光パワーでは十分な利得が得られないため、一般に、受信端近傍に配置される。
- ④ 無中継システムでは、誘導ラマン散乱を利用した光ファイバラマン増幅器が用いられる場合がある。無中継システムにおける光ファイバラマン増幅器は、信号光パワーが大きくても十分な利得が得られるため、送信端近傍で用いられる場合がある。

(iv) 光海底ケーブルと光海底中継器により伝送路を構成する光海底ケーブルシステムにおいて、次に示す条件の場合、光海底中継器1台当たりに割り当てられる故障率は、約(ク)〔FIT〕である。

(条件)

- ① 光海底ケーブルシステム長：6,000〔km〕
- ② 中継間隔：50〔km〕
- ③ 光海底ケーブルシステムにおけるMTBF(平均故障間隔)：10年
- ④ 光海底ケーブル内の光ファイバが断線となる確率は極めて低いため、光海底ケーブル部分には故障率を割り当てないこととする。
- ⑤ 光伝送端局装置の故障対応は短時間でのカード交換などを想定し、光伝送端局装置には故障率を割り当てないこととする。

＜(ク)の解答群＞

- ① 48 ② 72 ③ 96 ④ 120

試験問題についての特記事項

- (1) 試験問題に記載されている製品名は、それぞれ各社の商標又は登録商標です。
なお、試験問題では、® 及び TM を明記していません。
- (2) 問題文及び図中などで使用しているデータは、全て架空のものです。
- (3) 論理回路の記号は、MIL記号を用いています。
- (4) 試験問題では、常用漢字を使用することを基本としていますが、次の例に示す専門的用語などについては、常用漢字以外も用いています。
[例] ・迂回(うかい) ・管体(きょうたい) ・輻輳(ふくそう) ・撚り(より) ・漏洩(ろうえい) など
- (5) バイト[Byte]は、デジタル通信において情報の大きさを表すために使われる単位であり、一般に、2進数の8桁、8ビット[bit]です。
- (6) 情報通信の分野では、8ビットを表すためにバイトではなくオクテットが使われますが、試験問題では、一般に、使われる頻度が高いバイトも用いています。
- (7) 試験問題のうち、正誤を問う設問において、句読点の有無など日本語表記上若しくは日本語文法上の誤りだけで誤り文とするような出題はしていません。
- (8) 法令に表記されている「メガオーム」は、「メガオーム」と同じ単位です。
- (9) 法規科目の試験問題において、個別の設問文中の「」表記は、出題対象条文の条文見出しなどを表しています。また、出題文の構成上、必ずしも該当条文どおりには表記しないで該当条文中の()表記箇所の省略や部分省略などを行っている部分がありますが、()表記の省略の有無などで正誤を問うような出題はしていません。