

注 意 事 項

- 試験開始時刻 14時20分
- 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

- 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15
		通信土木	8	8	8	8	8	線16～線29
		水底線路	8	8	8	8	8	線30～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					線46～線50

- 受験番号等の記入とマークの仕方

- 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。
- 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。
- 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	2	2	2	●	2	2
	③		D	3	3	3	3	●	3
	④		E	4	●	4	4	4	●
	⑤	●	5	5	5	5	5	5	5
	⑥		G	6	6	6	6	6	6
	⑦		H	7	7	7	7	7	7
	⑧		8		8	8	8	8	8
	⑨	●	9		9	9	9	9	9

生 年 月 日									
年 号	5	0	0	3	0	1			
平成	○	●	●	○	●	○			
	①	①	①	①	①	●			
	②	②	②	②	②	②			
昭和	●	③	③	●	③	③			
	④	④	④	④	④	④			
	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤			
	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥			
	⑦	⑦	⑦	⑦	⑦	⑦			
	⑧	⑧	⑧	⑧	⑧	⑧			
	⑨	⑨	⑨	⑨	⑨	⑨			

- 答案作成上の注意

- 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。

- 合格点及び問題に対する配点

- 各科目の満点は100点で、合格点は60点以上です。
- 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15日10時以降の予定です。
可否の検索は8月 3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、メタリック伝送線路における減衰量、無ひずみ伝送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)

減衰量は、二次定数の一つである減衰定数 α の大小によって決定される。往復導体の単位長当たりの抵抗とインダクタンスをそれぞれ R と L 、往復導体間の単位長当たりの漏れコンダクタンスと静電容量をそれぞれ G と C とすると、 R 、 L 、 G 及び C は線路の一次定数といわれ、減衰定数 α は、これら一次定数から導かれる。

減衰定数 α の近似式は、一般に、高周波(30(kHz)程度以上)の場合、次のように表される。

$$\alpha \doteq \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\text{(ア)}}$$

この近似式において、減衰定数 α は、 $R=G=0$ の場合に零になるが、これは全く減衰しないということを実現するのは不可能であり、 (イ) の関係にある場合に最小の値となる。しかし、実際の伝送路においては、一次定数の関係は、一般に、 $\sqrt{\text{(ア)}}$ $\ll$ $\sqrt{\frac{R}{G}}$ であるため、 (イ) の減衰量最小条件を満足することは困難であることから、インダクタンス L を大きくすることで減衰量を小さくする方法がとられる。

また、減衰量最小条件は、無ひずみ伝送の成立する条件でもあり、伝送に用いる周波数帯域全体にわたり、 (ウ) が一定であること、減衰定数 α が一定であること及び (エ) が周波数に比例することが必要である。

<(ア)～(エ)の解答群>

- | | | | |
|-----------------|----------------------|--------|-------------|
| ① $\frac{L}{R}$ | ② $RL = GC$ | ③ 線路長 | ④ 集中定数 |
| ⑤ $\frac{L}{C}$ | ⑥ $RG = LC$ | ⑦ 分布定数 | ⑧ 反射係数 |
| ⑨ $\frac{R}{C}$ | ⑩ $RC = GL$ | ⑪ 位相定数 | ⑫ ボルツマン定数 |
| ⑬ LC | ⑭ $\frac{C}{R} = GL$ | ⑮ 電流密度 | ⑯ 特性インピーダンス |

- (2) 次の文章は、メタリック伝送における電氣的諸特性、ひずみの種類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) メタリック伝送線路の高周波領域における電氣的諸特性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 導体系では、周波数が高くなるに従って抵抗及び内部インダクタンスに変化が生ずる。これは、導体内部において、周波数が高くなるにつれて各部の電流が互いに作用を及ぼしあうことで電流分布が変化した結果であり、一般に、電氣的特性として抵抗は増加し、内部インダクタンスは緩やかに減少する。
- ② 近接して平行に並んでいる2本の導体に電流が流れたとき、それぞれの電流が同一方向であると電流が外側に押しやられ、反対方向であると内側に引き合うことで2本の導体の電流密度が変化する現象が生ずる。この現象は、高周波において顕著となり、一般に、近接効果といわれる。
- ③ 漏れコンダクタンスは、心線間に加えた電圧に対して絶縁物を通して漏洩^{えい}する電流の割合を示し、漏れコンダクタンスが小さいほど漏洩する電流が大きく、平衡対ケーブルでは、一般に、周波数が高くなると急激に小さくなる。
- ④ 導体を流れる電流が高周波になると、周囲の金属体中に誘起する渦電流によって電力損失を生ずることがあり、その主なものにカッド損がある。

- (ii) メタリック伝送におけるひずみの種類、特徴などについて述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A 減衰ひずみは、伝送系の減衰量が周波数によって異なるために生ずるひずみであり、音声回線においては、鳴音が発生するなど安定度を低下させる要因となる。
- B 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に生ずるひずみであり、群伝搬時間が周波数によって異なるために生ずることから、遅延ひずみともいわれ、データ伝送などにおける伝送品質に大きな影響を及ぼす要因となる。
- C 非直線ひずみは、伝送系の入力信号と出力信号とが比例関係にないために生ずるひずみであり、ジッタ及びワンダの原因となる。搬送多重回線においては、非直線ひずみによる高調波、混変調波などの発生により、ある通話路からほかの通話路への漏話及び雑音の原因となる。

＜(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

- (3) 次の文章は、光ファイバの構造パラメータ、希土類添加光ファイバの特徴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) 光ファイバの構造パラメータについて述べた次のA～Cの文章は、 (キ)。

- A 光ファイバの構造を決定するパラメータは、SM光ファイバでは、コア径、モードフィールド偏心量、外径及びカットオフ波長であり、MM光ファイバでは、モードフィールド径、外径、開口数及び屈折率分布である。
- B モードフィールド偏心量とは、モードフィールド中心とクラッド中心との距離をいい、モードフィールド中心とコア中心は実質的には同じ場所になるので、モードフィールド偏心量は、一般に、コア中心とクラッド中心との距離として測定される。
- C カットオフ波長とは、高次のモードを遮断する波長をいい、例えば、 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ で使用するSM光ファイバにおいては、カットオフ波長は $1.3\text{ }\mu\text{m}$ よりも短くなければならない。カットオフ波長より長い波長領域では高次のモードが導波するマルチモード伝搬となり、短い波長領域では基本モードのみが導波するシングルモード伝搬となる。

＜(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) 希土類添加光ファイバの特徴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 EDFの利得係数はエルビウムの添加濃度を高めることで大きくできるが、高濃度になると濃度消光により励起効率は低下する。
- ② EDFと伝送用光ファイバのクラッド径及び素線径は同じであるが、EDFのコア径は、増幅性能を向上させるため、一般に、伝送用光ファイバと比較して細くなっている。
- ③ EDFのコアには、増幅動作のためのエルビウムと屈折率プロファイル形成用のゲルマニウムのほか、波長特性平坦化のためのアルミニウムが添加されているものがある。
- ④ 光ファイバに異種又は同種の希土類イオンが高濃度に添加されている場合、希土類イオン間でエネルギー移動が起こることがあり、光ファイバの屈折率の変動する要因となる。

- (1) 次の文章は、光ファイバの非線形現象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)

石英系光ファイバは、本質的には非線形性が非常に小さい媒質であるが、光ファイバ伝送においては、光を細径のコアに閉じ込めるためにパワー密度が高いこと、低損失であり相互作用長を長くできることなどにより、各種の非線形相互作用が顕著に現れる。

高強度の短光パルスが光ファイバに入射されると、光の電界で光ファイバ物質中の電子の軌道が変化することによって□(ア)□が変化する□(イ)□効果といわれる現象が発生する。光パルス自身が誘起した□(ア)□変化により位相が急激に変化する現象は、自己位相変調といわれ、光パルスは大きな周波数変化を伴う。

波長の異なる三つの光が3次の非線形分極を介して新しい第4の光が発生する現象は、四光波混合といわれる。四光波混合は、WDMシステムではチャネル間干渉の原因となることから回避すべき現象の一つであるが、これを積極的に応用した例として□(ウ)□技術がある。

高強度の光が光ファイバに入射されたとき、光ファイバ中に発生する音波と光との相互作用が原因で非線形散乱が生ずる。非線形散乱の一つである誘導ラマン散乱は、入射光と□(エ)□との相互作用によって入射光が散乱され、入射光より周波数の低いストークス光が発生する現象であり、入射光の周波数を変えることにより任意のストークス光を発生させ信号光を増幅することが可能である。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

- | | | | |
|----------|---------|--------|----------|
| ① 光ソリトン | ② プローブ光 | ③ 光強度 | ④ 光増幅 |
| ⑤ 光カー | ⑥ センシング | ⑦ ブラッグ | ⑧ ファラデー |
| ⑨ 音響フォノン | ⑩ 後方散乱光 | ⑪ 屈折率 | ⑫ 伝搬モード |
| ⑬ 分散補償 | ⑭ 波長変換 | ⑮ MFD | ⑯ 光学フォノン |

- (2) 次の文章は、線形中継方式、発光・受光素子、光ファイバの損失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) 線形中継伝送方式について述べた次のA～Cの文章は、(オ)。

- A 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た簡単な構造であるため、信頼性に優れているが、3R機能を有しておらず、伝送路で生じたひずみや雑音の中継区間ごとに累積する特徴がある。
- B 線形中継伝送方式においては、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、線形中継器数に比例して増大し、また、自然放出光と自然放出光との間のビート雑音は、線形中継器数の2乗に比例して増大するため、多段中継伝送ではこれらのビート雑音が受信側のSN比を決定する支配的な要因となる。
- C 線形中継伝送で用いられるNZ-DSFは、DSFのゼロ分散波長を $1.55\mu\text{m}$ 帯より短波長側あるいは長波長側にずらした光ファイバであり、 $1.55\mu\text{m}$ 帯における低分散とWDM伝送における四光波混合の抑圧を両立させている。

＜(オ)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) 発光素子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 LDは、構成している化合物と構造によって発振波長が異なり、光ファイバ通信用のLDには、一般に、エルビウム、トリウム、プラセオジウムなどの元素を組み合わせた化合物半導体が用いられる。
- ② 端面発光型LDは、半導体の両端面を光の方向と垂直にへき開する(結晶面に沿って割る)ことにより、光を放出する活性層と空気との間の反射によってレーザ発振する構造になっており、LEDは、活性層からの光を共振させずにそのまま外部に取り出す構造になっている。
- ③ 大容量長距離光通信システムでは、一般に、LDの活性層のごく近傍に屈折率の周期的な構造を作り、ある特定の波長のみを分布的にフィードバックさせることにより、安定した単一モードでの発振を実現したFP-LDが使用される。
- ④ VCSELは、へき開された端面から光を出力する端面発光型レーザと異なり、レーザ基板面と水平な方向に光出力を得るタイプの半導体であり、光ビームの放射角が広く光ファイバと高効率で結合することができる。

(iii) 受光素子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 光通信システムで用いられる受光素子の受光可能な波長帯は、使用される材料の伝導帯と価電子帯のエネルギー準位差により異なる。受光素子の材料としては、一般に、 $0.8\ \mu\text{m}$ 帯ではSiが、 $1.55\ \mu\text{m}$ 帯ではInGaAsといった化合物半導体が用いられる。
- ② APDは、半導体中の電子と正孔のなだれ増倍作用を利用して大きな電流を得る受光素子であり、PIN-PDと比較して、10[dB]～20[dB]程度高感度となる一方、数十[V]以上の高い逆バイアス電圧が必要となる。
- ③ 受光素子で生ずるショット雑音は、電子が時間的又は空間的に不規則に励起されるために生ずる光電流の揺らぎによる雑音であり、同じ受光レベルにおいて、印加する逆バイアス電圧を大きくし電流増倍率を増大することにより低減することができる。
- ④ 受光素子の性能は、光電変換の性能を表す量子効率、光通信システムの中継間隔の設計上重要なファクタである受光感度、発生する雑音、動作応答速度などの特性により評価される。量子効率は受光素子の材料と構造により定まり、受光感度は受光素子の材料と構造のほかに印加電圧の大きさが関与する。

(iv) 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、(ク) 。

- A 光ファイバの損失発生の原因の一つとして、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損失は減少する。水素分子による損失発生の防止策としては、光ファイバの周辺からの水素の発生を抑える、光ファイバ内部への水素分子の拡散を防止する障壁を設けるなどの方法がある。
- 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、熱的要因により劣化が早まり耐用年数が短くなる場合がある。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。

＜(ク)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

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルの構造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)

図1は鉄3分割パイプ形光海底ケーブル、図2はSL光海底ケーブルの断面の例をそれぞれ示したものである。

鉄3分割パイプ形光海底ケーブルは、8心の光ファイバを直接、鉄3分割パイプの中に挿入しているルースタイプで、タイトタイプと異なり光ファイバユニット工程を省略しているため、光ファイバに加わる熱応力が軽減されている。また、鉄3分割パイプには、ケーブル切断などが発生した際における海水の浸入を防止するために、□(ア)が充填されている。

一方、SL光海底ケーブルにおいて、その中心にある光ファイバユニットは、□(イ)、光ファイバ及びその隙間に充填された□(ア)から構成されており、この構造は光ファイバが□(イ)内で自由度を持つことができるため、温度変化やケーブル曲がりによるマイクロベンドの発生を抑制できる。光ファイバユニットの周りには直径の異なる3種類の□(ウ)を撚り合わせた殻構造が形成されており、深海での水圧から光ファイバユニットを防護するとともに敷設や引揚げ修理時に発生する張力に耐えることができる。

さらに、鉄3分割パイプ形光海底ケーブル及びSL光海底ケーブルは、図中Aで示す□(エ)を用いた絶縁層で被覆された構造を形成している。

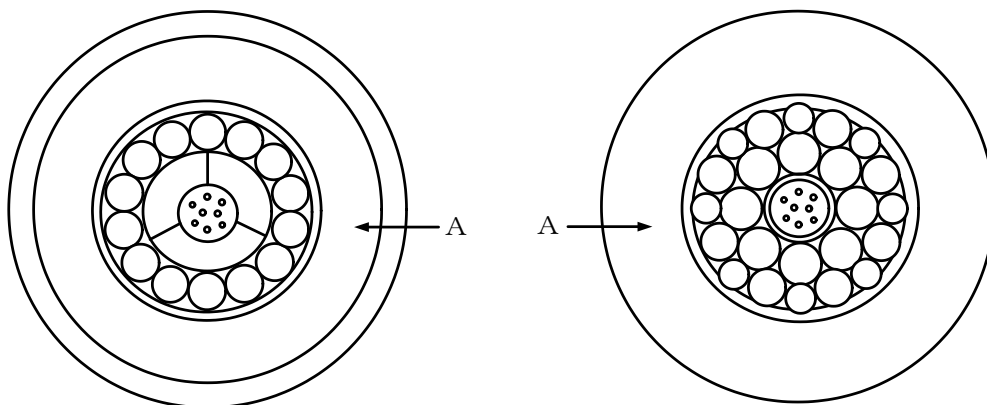


図1

図2

＜(ア)～(エ)の解答群＞

- | | | | |
|--------------|----------|------------|----------|
| ① 銅チューブ | ② ゴムシート | ③ 水走り防止材 | ④ アルミ線 |
| ⑤ ドーパント | ⑥ ポリエチレン | ⑦ 低発泡ゴム | ⑧ 屈折率整合剤 |
| ⑨ ハガネ線 | ⑩ トートワイヤ | ⑪ ポリウレタン | ⑫ ヘリウムガス |
| ⑬ プラスチックチューブ | | ⑭ 半割ビニルパイプ | |
| ⑮ スロットロッド | | ⑯ ステンレスパイプ | |

- (2) 次の文章は光海底ケーブルシステムに用いられる給電装置及びシステム監視装置の構成、機能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用いられる給電装置を構成する各機能ブロック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 電力制御部は、高電圧の直流電流を発生するコンバータユニットを複数直列に接続して、光海底ケーブルへの給電に必要な電圧を発生させている。
- ② 電力監視部は、光海底ケーブルへの給電電流を定電流化するための電流検出・制御(帰還)回路のほか、各種監視制御回路、出力極性反転回路、過電圧出力防止回路などで構成されている。
- ③ 負荷切替部は、一般に、電力制御部と電力監視部から構成される電力プラントの出力を、光海底ケーブル又は試験用負荷部に無瞬断で切り替える機能と、シーアースの故障時に給電装置のアースを自動で、シーアースから局舎アースに無瞬断で切り替える機能を持っている。
- ④ 試験用負荷部は、給電装置本体の試験を行うための疑似負荷を実装しており、さらに、光海底ケーブルの故障判定試験を行う機能を有している。

- (ii) 光海底ケーブルシステムに用いられる給電装置のエレクトロローディング機能について述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A 海底における光海底ケーブルの位置探査では、一般に、磁気探査機能を持った遠隔制御ビークル(ROV)などが用いられ、給電装置は磁気探査に必要な4[kHz]～50[kHz]の高周波交流信号を給電電流に重畳するエレクトロローディング機能を有している。
- B 給電装置は、運用中の光海底ケーブルに給電しつつ、その給電電流にエレクトロローディング信号を重畳することができる。これはインサービスエレクトロローディングといわれ、エレクトロローディング信号は、一般に、ゼロピーク値で80[mA]程度である。
- C 給電装置において、インサービスでのエレクトロローディング信号の強度を調整することで、ROVは、給電装置から300[km]程度離れた沖合でもエレクトロローディング信号を感受することができる。

＜(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) 光海底ケーブルシステムに用いられる給電装置の構成など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 光海底ケーブルの給電路と給電装置とを接続する方法としては、一般に、光海底ケーブルを光伝送端局装置(S L T E)で終端し、終端された光海底ケーブルの給電線と光ファイバを分割して、給電線をS L T Eから給電装置まで延長する手法が用いられる。
- ② 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。
- ③ 給電装置は作業者の安全確保のため様々な予防措置がとられており、高電圧部に直接触れる危険のある部分には高電圧部保護カバーが備えてあり、給電中に万が一このカバーを開いたときには給電装置は出力停止(シャットダウン)する。
- ④ 電力制御部は複数のコンバータユニットを搭載しており、システム所要電圧を出力するために必要なコンバータユニット台数をNとすると、N + 1 台のコンバータユニットでの運用中は、任意の1台が故障しても、残りのN台でシステムへの給電を継続することができるが、直列接続のため、その切替え時に一時的に瞬断が発生する。

- (iv) 光海底ケーブルのシステム監視装置(MC : Maintenance Controller)の機能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 光海底ケーブルシステムでは、故障発生時の原因解析には、一般に、複数の陸揚局に設置されている各機器が検知したイベントの発生順序などの情報が必要となるため、ネットワークに接続された各機器は、時刻を同期させるためのプロトコルであるN T P (Network Time Protocol)に従って同期がとられている。
- ② MCで検出される装置警報とは、MCを構成するサーバ、クライアント装置などのハードウェア故障を通知する警報のほか、遠隔監視機能(R O P : Remote Operator Positions)や監視制御ネットワークの不具合を通知する警報である。
- ③ MCで検出される通信警報とは、一般に、海底区間又はクライアント装置との間で主信号の不通や劣化を通知する警報である。
- ④ MCは各警報の検出の有無を管理し、H M I (Human Machine Interface)を通して発生中の警報をオペレータへ通知する故障管理機能を有している。また、警報の発生・回復の情報は時刻とともにMCのイベント履歴に保存され、警報の種別や発生箇所、時刻などの条件による検索を可能としている。

- (1) 次の文章は、海底ケーブルの敷設工事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)

海底ケーブルの敷設においては、海底ケーブルをサスペンションや過張力がないように海底面に沿って敷設することがケーブル故障を防止する上で重要である。海底面には地上同様に上り、下り及びそれらが複合した斜面があり、それぞれの場所に応じた適切な長さのケーブルを敷設する必要がある。そのためにそれぞれの海底地形に基づく適切な敷設ケーブル長をあらかじめ計算しておくことが必要であり、この計算は、一般に、[(ア)] 計算といわれる。

この [(ア)] 計算の結果に従ってケーブルルート上のそれぞれの海底地形に応じたケーブル船の敷設速度、ケーブル繰出速度などについての詳細な計画が立てられる。敷設工事では予定のケーブルルートに従ってケーブル船の敷設方向を制御し、同時に、この計画に基づいて敷設速度及びケーブル繰出速度の制御を行いながら、ケーブルを敷設する。

ケーブル船には、一般に、[(イ)] が備えられており、これにD-GPS又はGPSからの位置情報をパラメータとして入力することにより、ケーブル船のスクリュ^{かじ}ー、舵及びスラストを自動調整して、ルート上の各位置で計画された敷設方向や敷設速度を高い精度で実現することが可能となっている。また、これにより、ケーブル修理工事などの際に高い精度での定点保持が可能となっている。

長距離連続敷設の場合、一般に、ケーブル敷設中のケーブル繰出しは [(ウ)] により速度制御して行われる。

これまでに敷設された、日本と米国を結ぶ太平洋横断ケーブルのケーブル [(ア)] は、平均で [(エ)] [%] 程度となっている。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

- | | | | |
|-------|-----------|---------|---------|
| ① 0.5 | ② トランジション | ③ D P S | ④ D C E |
| ⑤ 1 | ⑥ C D | ⑦ I B S | ⑧ H D |
| ⑨ 2 | ⑩ 動水力学 | ⑪ スラック | ⑫ R P L |
| ⑬ 5 | ⑭ 入水角 | ⑮ S L D | ⑯ L C E |

- (2) 次の文章は、海底ケーブルの敷設方法、ルート調査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) 海底ケーブルの埋設工事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 海底ケーブル敷設工事では、一般に、海底ケーブルの敷設と埋設を同時に行うことができる^{すき}鋤式埋設機が使用される。鋤式埋設機は海底中継器を埋設できないため、海底中継器は鋤式埋設機を通過させずに海底面に敷設し、敷設工事終了後、ROVによる後埋設が行われる。
- ② 鋤式埋設機には、水深1,500[m]程度までの海底で海底ケーブルを2[m]程度の深さに埋設する仕様のものがある。鋤式埋設機はケーブル敷設船に曳航され海底面を掘削しつつ、掘削溝内にケーブルを敷設する。
- ③ ROVには、水深2,500[m]程度までの海底で、海底ケーブルを1.5[m]～3[m]程度の深さに埋設する仕様のものがある。また、ROVには、一般に、船上からアンビリカルケーブルを通して操作できるマニピュレータが装備されており、海底でのケーブルの把持や切断などによるケーブル回収の支援作業などに用いられることがある。
- ④ ケーブル陸揚工事に用いられるHDD工法は、陸揚局付近からドリリングによる掘削を行い浅海部まで管路を設置するものである。大型の掘削装置を使用した場合、ドリリング長は、一般に、500[m]～1,000[m]程度である。

- (ii) 海底ケーブルのルート調査などについて述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A 海底ケーブルのルート調査において、デスクトップスタディといわれる机上検討では、既存の海底地図のみの情報を基に、安全で、かつ、できるだけ最短となる暫定ルートが選定され、その後、海洋調査により暫定ルートが妥当であるか否かを判定し、ケーブル敷設に適さない場所があれば適切にルート変更を行う。
- B 海洋調査における測深・海底地形調査では、正確で詳細な海底ケーブルのルートを決定する必要があるため、海底地形を面的に計測できるプロトン磁力計又は光ポンピング式磁力計を用いた磁気探査が暫定ルートに沿って実施される。
- C 海洋調査における海底面探査に用いられるSSソナーは、ケーブル船に曳航されるROVの両舷から音波を扇形に放射し、海底面で反射し戻ってくる音波の伝搬遅延時間をデータ処理して海底面を画像化するものである。

＜(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) 光海底ケーブルの敷設方法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 光海底ケーブルの敷設作業において、ケーブル船の船速が一定の場合、ケーブル船が敷設方向に海底面上昇傾斜を観測したとき、光海底ケーブルを海底面に沿わせるためには、光海底ケーブルの繰出速度を遅くする必要がある。
- ② 光海底ケーブルの敷設作業において、ケーブル船の船速が一定の場合、光海底ケーブルの繰出速度が速いほど、ケーブル傾斜角(海面と光海底ケーブルとのなす入水角)は小さくなる。
- ③ 動水力学定数が異なる2種類の光海底ケーブルを敷設する場合、同じ船速では動水力学定数が小さいほどケーブル傾斜角は大きくなる。
- ④ 海底面が水平で船速が一定、かつ、光海底ケーブル繰出速度が船速より速い敷設の場合、光海底ケーブルの各部は一定速度で沈下し、計算上では、光海底ケーブルは、カテナリ曲線を描き、着底点において張力が残留する。

(iv) 陸揚局の付帯設備工事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 電気通信事業法に基づく保護区域が設定された場合は、総務省令で定められた円形の陸標を設置しなければならない。
- ② 陸揚地点から陸揚局までの間に道路などがある場合は、管路を設置しケーブルを収容する。管路は、一般に、陸上線路設備用のものと同様の75mm管を使用する。
- ③ 鋳鉄製のケーブル防護管は、半割り構造で、ケーブルに連続的にかぶせてボルトで締め付けるため、ケーブルルートの曲がり部分には使用できない。
- ④ ケーブル防護管には、鋳鉄などを用いた金属製のもののほか、摩耗に強いポリウレタンなどを用いた合成樹脂製のものが使用されている。また、ケーブルに鋳鉄製のケーブル防護管を取り付けても波浪により移動することがあるため、ケーブル防護管をステンレスのバンドなどで海底に固定する方法も採られている。

- (1) 次の文章は、中継光海底ケーブルシステムにおける利得等化方法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)

WDM方式を用いた中継光海底ケーブルシステムでは、全信号波長にわたって所要の伝送特性を確保するために利得等化が行われている。

この利得等化には光海底中継器ごとに利得等化を行う個別等化と数中継区間ごとに利得等化を行う [(ア)] がある。いずれにおいても、利得等化用光部品の損失の波長依存性を利用して E D F A の利得の波長依存性を打ち消すことにより、所要の利得平坦度^{たん}が得られる。

利得等化用光部品の一つである [(イ)] は、損失の波長依存性に関する設計自由度が高く、個別等化にも [(ア)] にも適用可能である。

利得等化における光海底ケーブルシステム固有の主な技術的課題として、E D F A の [(ウ)] 特性と光海底ケーブルの割入れ修理などによる光ファイバ区間損失の増加に起因する利得平坦度の劣化が挙げられる。

具体的には、E D F A の環境 [(ウ)] が低下すると [(エ)] の信号に対する E D F A の利得が増加し、光ファイバ区間損失が増加すると [(エ)] の信号に対する E D F A の利得が低下する。

この利得変化を補償するため、数中継区間ごとに利得等化器を挿入し、適正な利得等化を実現している場合がある。

<(ア)～(エ)の解答群>

- | | | | |
|--------|-----------|--------|---------------|
| ① 気 圧 | ② P B S | ③ 温 度 | ④ 光アイソレータ |
| ⑤ 湿 度 | ⑥ 分散等化 | ⑦ 短波長側 | ⑧ ブロック等化 |
| ⑨ 等化増幅 | ⑩ 長波長側 | ⑪ 線形等化 | ⑫ ゼロ分散波長 |
| ⑬ 応 力 | ⑭ O A D M | ⑮ 中心波長 | ⑯ ファイバグレーティング |

(2) 次の文章は、WDM方式を用いた中継光海底ケーブルシステム(WDMシステム)の主要設計技術、波長分散の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) WDMシステムにおける主要設計技術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 WDMシステムの伝送特性は、EDFAの偏波依存性や光ファイバの偏波モード分散などにより、信号光の偏波状態が変化すると時間的に変動する特徴を有する。そのため、時間変動によるQ値の変化を定量的に評価し、そのQ値の変化量をパワーバジェットに反映させることにより、時間変動が生じても所要の伝送特性を満たす設計がなされている。
- ② WDMシステムのアップグレードによる容量拡張において、設計容量を超えた容量拡張を実現するには、伝送帯域幅の拡張が必須であるため、利得等化器や光海底中継器の追加敷設工事を行い、アップグレードに見合う増幅帯域を確保する必要がある。
- ③ WDMシステムのパワーバジェットの設計書には、設計寿命終了(EOL: End of Life)の時点におけるマージンは、一般に、1[dB]と記載されている。これは、1波長当たりの信号のビットレートが設計値で、かつ、運用される信号の波長数が設計波長数以内であれば、EOLまでの期間中、どの伝送波長もQ値で少なくとも1[dB]のマージンを有するように設計されていることを意味している。
- ④ WDMシステムでは、光海底中継器の光出力の低下、光海底ケーブルの損失増加による光SN比の低下、光ファイバの偏波モード分散による波形ひずみなどの様々な要因でビット誤りが生ずる。誤り訂正機能を搭載している光伝送端局装置は、一般に、ビット誤りの発生要因にかかわらずビット誤りを訂正する機能を有している。

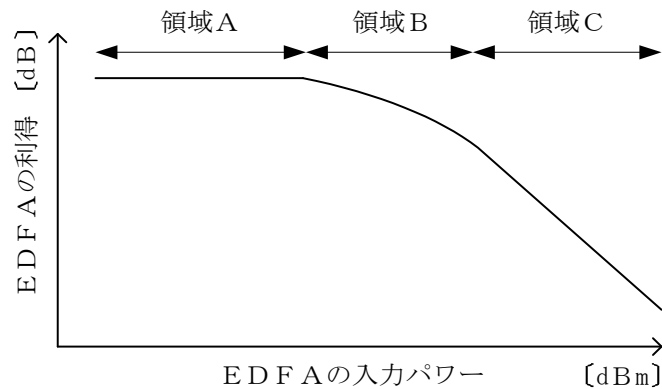
(ii) WDMシステムにおける光雑音累積などについて述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A 光増幅器は、一般に、光信号を増幅すると同時に自然放出光雑音を発生し、光SN比を劣化させる。EDFAの場合、1台のEDFAが発生する自然放出光雑音パワーは、EDFAの自然放出光係数の2乗に比例し、EDFAの利得に反比例する。
- B WDMシステムでは、信号光の伝送用光ファイバによる減衰は基本的にEDFA利得により補償され、同様に、自然放出光の伝送用光ファイバによる減衰も、後段のEDFA利得によって減衰前のレベルにほぼ回復する。したがって、システムの光SN比計算で用いる累積自然放出光雑音パワーは、EDFAの台数に比例する。
- C WDMシステムにおける光伝送端局装置は、一般に、誤り訂正符号を用いて符号誤り率を改善する符号誤り訂正機能を有している。誤り訂正前のQ値がQリミット以上であれば、光SN比の低下があっても所要の符号誤り率が確保される。

＜(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) 図に示す中継光海底ケーブルシステムのEDFAの利得飽和特性など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 中継光海底ケーブルシステムでは、一般に、EDFAの動作領域として、利得飽和によってEDFAの入力パワーが高くなるほど利得が小さく、自己治癒(セルフヒーリング)性が他の領域と比較して顕著な領域Cが利用される。
- ② ケーブルの割入れなどによるケーブル修理後では、スパン損失が修理前と比較して大きくなる場合がある。このスパン損失の増加により、EDFAの入力パワーは修理前と比較して低下するが、EDFAの利得飽和領域で動作しているため、EDFAの出力は修理前と比較して高くなる場合がある。
- ③ 中継光海底ケーブルシステムにおいて、EDFAは利得飽和領域で動作するように設計されているため、製造偏差により各スパンの損失にばらつきが生じて、EDFAの出力パワーはほぼ設計どおりの値となる。したがって、全スパンで伝送用光ファイバの損失が設計値と比較して小さくても、光ファイバの非線形性による伝送品質への影響が大きくなることはない。
- ④ WDMシステムでは、利得平坦度の観点から予備の光海底中継器を割り入れる場合がある。割り入れた光海底中継器により、次段の光海底中継器のEDFAの入力パワーは、設計値よりも数[dB]高くなる場合があるが利得飽和領域で動作している限り、割入れ作業の前後で次段の光海底中継器のEDFAの出力パワーが変化することは全くない。

- (iv) WDMシステムの波長分散の設計において、以下に示す条件の場合、分散補償光ファイバ(DCF)ケーブルの1区間当たりの長さは、約 (ク) [km]となる。

(条 件)

- ① WDMシステム長は、8,500 [km]とする。
- ② 光ファイバは、大口径負分散光ファイバ(LMF)とDCFのみを使用することとする。
- ③ 海底温度での信号波長1.550 [μm]におけるLMF及びDCFの波長分散値は、以下のとおりとする。
LMF : -2.8 [ps/nm/km]
DCF : +1.9 [ps/nm/km]
- ④ あるDCFケーブル区間の中心から次のDCFケーブル区間の中心までの距離は500 [km]とし、各DCFケーブル区間の長さは同一とする。また、陸揚局から直近のDCFケーブル区間の中心までの距離も500 [km]とする。
- ⑤ 陸揚局では分散補償を行わないこととする。
- ⑥ 信号波長1.550 [μm]での受信側の累積波長分散値をゼロとするよう設計する。

＜(ク)の解答群＞

① 60 ② 64 ③ 68 ④ 72 ⑤ 76

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、すべて架空のものです。
- (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) ・筐体(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。