

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2月 3日10時以降の予定です。 可否の検索は2月22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)

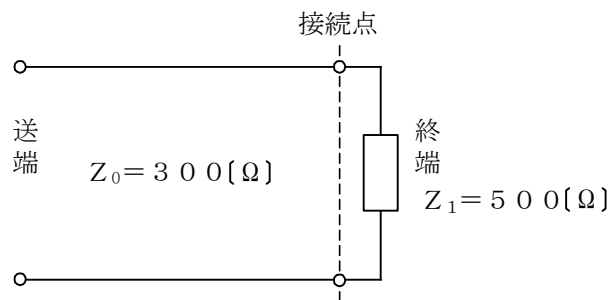
(1) 次の文章は、メタリック伝送路における反射の諸特性について述べたものである。□内の(ア)～(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。

(2点×4=8点)

メタリック伝送路の特性インピーダンスが変化する点では、信号波が折り返す反射現象が生ずる。このとき、一般に、進行してきた信号波は入射波、進行方向とは反対の方向へ戻っていく波は反射波、反射せず進む波は透過波といわれ、反射の大きさは特性インピーダンスの変化の大きさに依存する。

反射の大きさを表す指標として電圧反射係数や電流反射係数が用いられ、電流反射係数は電圧反射係数の□(ア)であり、それぞれの反射係数の絶対値が1に近いほど反射損失が大きい。図に示すように特性インピーダンス Z_0 の一様線路をインピーダンス Z_1 で終端した場合、接続点における電圧反射係数は□(イ)となる。また、図において、接続点が開放されている場合、終端のインピーダンスは□(ウ)と考えられる。したがって、終端開放時の入射電圧は□(エ)全て反射される。

反射を防ぐには、巻数比が接続点のインピーダンスの比の平方根となるインピーダンス整合トランスを用いる方法などがある。



<(ア)～(エ)の解答群>

- | | | | |
|--------------|-----------|---------------|-------|
| ① 周波数に比例する値 | ② -0.25 | ③ 値と同じ | ④ 無限大 |
| ⑤ 入射波と逆位相で | ⑥ 0.25 | ⑦ 逆数 | ⑧ ゼロ |
| ⑨ 周波数に反比例する値 | ⑩ 0.5 | ⑪ 2乗 | ⑫ 反数 |
| ⑬ 入射波と同位相で | ⑭ 1.0 | ⑮ ファラデーの法則により | |
| ⑯ テブナンの定理により | | | |

(2) 次の文章は、光の位相速度、光ファイバの分散特性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) 光ファイバ中を伝搬する光の位相速度及び群速度について述べた次のA～Cの文章は、 (オ)。

- A 真空中の光の速度を c 、媒質の屈折率を n とすると、媒質中を伝わる光の速度は、 $\frac{c}{n}$ となり、この光の速度は、光の位相が伝わる速さであり位相速度といわれる。一方、周波数が異なる複数の波の集まりである波束が伝わる速度、すなわちパルスの包絡線が伝わる速度は、群速度といわれる。
- B S I 型光ファイバでは、高次モードほど群速度が速くなる。これは、入射端で幅の広いパルスを入力しても、異なるモードに分担されて伝搬される結果、伝搬距離とともにパルスの幅が狭くなることを意味する。
- C 基本的なモードとなる LP_{01} モードは、波長が長くなると、電磁界が広がり屈折率の低いクラッドの影響を受けて位相速度が速くなる。逆に、波長が短くなると、電磁界がコアに集中して位相速度は遅くなり、コアの屈折率で決まる値に収束する。

<(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) 石英系光ファイバの分散特性などについて述べた次のA～Cの文章は、 (カ)。

- A S M 光ファイバの波長分散において、ゼロ分散波長を境に、長波長側は正常分散領域といわれ、短波長側は異常分散領域といわれる。正常分散領域においては波長が長くなるほど群速度が速くなり、異常分散領域においては波長が長くなるほど群速度が遅くなる。
- B 材料分散は石英ガラスの材料によって決まるため調節することは困難であるが、構造分散は光ファイバの比屈折率差や屈折率分布を調節して変化させることができる。D S F は、S M 光ファイバの構造分散を調節して、ゼロ分散波長を $1.3 \mu\text{m}$ 帯から $1.55 \mu\text{m}$ 帯にシフトさせた光ファイバである。
- C 偏波モード分散は、S M 光ファイバのコア形状の僅かなゆがみなどによって、伝搬する光の直交する二つの偏波モード間に群遅延時間差が生ずることにより発生する分散であり、高速・長距離伝送システムにおいて、その影響を考慮する必要がある。

<(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) 自己位相変調又は四光波混合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 自己位相変調は、光ファイバ中を伝搬する光が、その光自身の強度に起因する屈折率の変化により、位相がシフトする現象であり、光強度に依存して光ファイバの屈折率が変化する現象は、ファラデー効果といわれる。
- ② 異常分散領域にある波長の光パルスが光ファイバ中を伝搬するとき、自己位相変調によるパルスが広がる効果と波長分散によるパルスが狭まる効果とが相殺され、光パルスが元の波形を維持したまま光ファイバ中を長距離にわたり伝搬する現象は、光ソリトンといわれる。
- ③ 四光波混合は、一般に、三つの異なる波長の光を同時に光ファイバ中に入射した際に、それらのどの波長とも一致しない新たな波長の光が発生する現象であり、入射した光の波長がゼロ分散波長から離れているほど発生しやすくなる。
- ④ WDM方式では、四光波混合が伝送品質の劣化要因となるため、その対策として、波長を不等間隔に配置する方法、NZDSFなどを用いてゼロ分散でない波長域を利用する方法などが採られている。

- (iv) エルビウム添加光ファイバ(EDF)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のコアには、増幅動作をするためのエルビウムと屈折率プロファイルを形成するためのゲルマニウムのほか、増幅された波長の利得を平坦化^{たん}するためのアルミニウムが添加されているものがある。
- ② EDFのクラッド外径と伝送用光ファイバのクラッド外径は同じであるが、EDFのコア径は増幅性能を向上させるため、伝送用光ファイバのコア径と比較して小さい。
- ③ エルビウムの添加濃度を高めるとEDFの利得係数は大きくなるが、高濃度になると濃度消光が生じて励起効率が低下する。
- ④ EDFの励起方法には前方励起、後方励起などがある。励起光として $0.98\mu\text{m}$ 帯を用いた後方励起は前方励起と比較して低雑音であるため、プリアンプに用いられている。

- (1) 次の文章は、光通信に用いられるLDの特徴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)

LDは、その構造の違いにより、端面発光型と面発光型に分類される。

端面発光型には、ファブリペロー型LD(FP-LD)、分布帰還型LD(DFB-LD)などがある。FP-LDは、多数の縦モードで発振することから、出射された光が光ファイバ中を伝搬すると波長分散の影響により光信号のパルス幅が広がり□(ア)が発生することがある。このため、長距離・高速伝送の光通信システムの光源には、一般に、単一モードで発振するDFB-LDが用いられる。DFB-LDは活性層付近に等価的に□(イ)の周期的な変化となる構造を有している。

端面発光型のLDから出射された光は、一般に、楕円形に広がることから、断面が円形である光ファイバとの結合においては、LDと光ファイバとの間にロッドレンズや円柱レンズを配置するなどして、光を集束する必要がある。

面発光型のLDは、□(ウ)ともいわれ、□(イ)を制御した周期的な層構造で生ずる反射によって、基板面に対して□(エ)にレーザ光を出射する。また、□(ウ)から出射された光は円形に広がることから、出射光と光ファイバのモードフィールド径を同程度に設計すると、レンズなしで光ファイバと結合することが可能である。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

- | | | | |
|-------|---------|---------|---------|
| ① 透過率 | ② らせん状 | ③ ASE雑音 | ④ VCSEL |
| ⑤ 平行 | ⑥ MEMS | ⑦ 非線形散乱 | ⑧ 吸収率 |
| ⑨ EEL | ⑩ 光ソリトン | ⑪ 発光効率 | ⑫ 垂直方向 |
| ⑬ PLC | ⑭ 屈折率 | ⑮ 同心円状 | ⑯ 符号間干渉 |

(2) 次の文章は、光アイソレータの特性、光送受信モジュールの種類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) 光アイソレータ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 光アイソレータは、光を一方向にのみ透過させることができる光デバイスであり、LDモジュールにおいて、戻り光による雑音増加を抑えて発振を安定させるために用いられる。
- ② 光アイソレータの性能は、光の伝搬と逆方向における透過損失と、順方向における挿入損失の差であるアイソレーションによって表され、アイソレーションが小さいほどアイソレータとしての能力は高い。
- ③ 光ファイバ増幅器の内部や外部での反射による発振を抑止しASE雑音の増大を防止するために用いられる光アイソレータは、一般に、光ファイバ増幅器の入出力端に配置される。
- ④ EDFAの発振防止に使用される光アイソレータは、入力される光と偏波面が一致しない場合には光損失が増大するため、一般に、入射光の偏波によらず順方向の通過損失が小さい偏波無依存型光アイソレータが用いられる。

(ii) 光通信設備に使用される光送受信モジュールの構造、種類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 光送信モジュールは実装構造の違いからバタフライ型、同軸型などに分類され、バタフライ型は、光結合部分をブロック化して樹脂製のパッケージに搭載したモジュールであり、一般に、高速で短距離の伝送に用いられる。
- ② 同軸型の光送信モジュールは、光素子をパッケージ化して励振器を接続したモジュールであり、一般に、高速で長距離の伝送に用いられる。
- ③ 光送信モジュールと光受信モジュールを一つのパッケージにしたものは光トランシーバといわれ、一般に、着脱可能なものを使用されている。
- ④ 光トランシーバの種類には、G B I C (Gigabit Interface Converter)、S F P (Small Form-Factor Pluggable)、S F P + などがあり、S F P + は、一般に、1 [Gbit/s]までの通信速度に用いられる。

- (iii) 光ファイバケーブル、光ファイバ心線又は光ファイバコードの構造、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、(キ) である。

〈(キ)の解答群〉

- ① 自己支持型光ファイバケーブルは、光ケーブル部と吊り線が一体となっていることから、光ケーブル部は架渉後も常時伸びひずみを受け続けるため、光ファイバの破断確率が高くなる。このため、吊り線は、架渉張力、温度変化、風圧、着雪などによる光ファイバケーブルの伸びひずみを考慮したものが用いられる。
- ② タイト型光ファイバケーブルは、光ファイバ心線を抗張力体の周りに集合し、その上に側圧などの外力から光ファイバを保護するための緩衝層などを施した構造である。抗張力体は、布設後の温度変化による光ケーブルの伸縮を抑えて、損失増加防止の役割を果たしている。
- ③ 光ファイバ心線には、温度特性や機械特性を満足させる目的で、多層被覆が施されており、内層にはマイクロベンドを防止するために硬い被覆が、また、外層には側圧などから光ファイバを保護するために柔らかい被覆が用いられている。
- ④ 光ファイバコードは、一般に、光ファイバ心線の周囲に抗張力体としてポリアミド系繊維などを密着させて配置し、さらに抗張力体の周りにビニルなどを被覆してシースとした構造であり、光伝送機器内配線、同一フロア内の機器間の接続などに使用される。

- (iv) 光ファイバケーブルの分類、特徴などについて述べた次のA～Cの文章は、(ク) 。

- A S Z型光ファイバケーブルは、スロットの撚り回転の方向が1回転ごとに反転しているケーブルであり、ケーブル布設後でも、ケーブルの途中からケーブルを切断することなく、光テープ心線又は光ファイバ心線の取出しを容易に行うことができる。
- B WBケーブルは、非ガス保守方式で用いられるケーブルであり、ケーブル内に水が浸入するとケーブル内に止水ダムが形成されて水走りを防止できるため、浸水しても設計寿命までは取り替える必要がない。
- C F T T Hサービスにおいて、一般住宅への引込みに使用されるドロップ光ファイバケーブルは、雷サージ電流の流入を防止するため、一般に、テンションメンバにはFRPが使用されている。

〈(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、光海底中継器及び利得等化器の特徴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)

光海底中継器は、光海底ケーブルに一定間隔で接続され、光ファイバ中で減衰した信号光をEDFAによって光増幅中継する装置である。光海底中継器の^{きょう}筐体は水深8,000[m]まで設置できる耐水圧性を持ち、筐体材料には [(ア)] が採用されている。

光海底中継器には、光海底ケーブル故障や光海底中継器本体の故障を陸揚局から遠隔で調査することを可能とする監視方式が採用されている。監視方式のうち、陸揚局の監視装置において各光海底中継器でループバックされた専用波長の監視信号光のレベルから各中継区間利得を解析して光海底中継器の故障などを検出するために、各光海底中継器の入出力レベルのみをモニタする方式は、 [(イ)] といわれる。

WDM方式を用いた光海底ケーブルシステムに用いられる利得等化器は、光海底中継器を多段接続することにより累積する利得偏差などを補償する機器である。利得等化器のうち、可変型利得等化フィルタを備えた [(ウ)] 等化器は、光海底ケーブルの経年劣化や故障修理時のケーブル割入れによる損失増加により光海底中継器に生ずる利得傾斜を抑制するために用いられる。

[(ウ)] 等化器は、一般に、陸揚局からの [(エ)] を受信することによって傾斜損失を変更することができ、光海底中継器の数十台に1台の割合で光海底ケーブルシステムに挿入される。

<(ア)～(エ)の解答群>

- | | | | |
|---------|-----------|--------|------------|
| ① 励起光 | ② 無酸素銅合金 | ③ FRP | ④ パッシブSV |
| ⑤ 位相 | ⑥ コマンド信号 | ⑦ 給電電流 | ⑧ ベリリウム銅合金 |
| ⑨ FEC | ⑩ C-O TDR | ⑪ チルト | ⑫ アクティブSV |
| ⑬ 判定帰還型 | ⑭ シェイプ | ⑮ 給電電圧 | ⑯ ニッケル合金 |

(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光ファイバの特性及び光ファイバケーブルの構造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) ITU-T勧告で規定されている光ファイバの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 1.31 μm シングルモード光ファイバは、ゼロ分散波長が1.31 [μm]近傍にある光ファイバであり、1.31 μm 帯以上の領域でシングルモード伝送となる。
- ② カットオフシフト光ファイバ(CSF)は、石英系光ファイバで最も低損失となる1.55 μm 帯を伝送波長とする光ファイバであり、屈折率分布は1.31 μm シングルモード光ファイバとほぼ同じであるが、コア径を僅かに大きくすることでカットオフ波長を1.5 [μm]付近までシフトしている。
- ③ 分散シフト光ファイバ(DSF)は、実効断面積(A_{eff})を拡大することにより波長1.55 [μm]における波長分散がゼロになるよう設計された光ファイバであり、屈折率分布の構造は1.31 μm シングルモード光ファイバと同様にステップ型である。
- ④ ノンゼロ分散シフト光ファイバ(NZDSF)は、ゼロ分散波長を伝送波長域である1.55 [μm]近傍から僅かにずらした光ファイバであり、光を直接増幅する中継方式を採用した伝送システムで問題となる非線形光学効果を抑制することができる。

(ii) 光海底ケーブルの構造、機能などについて述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A 光海底ケーブルには、使用環境の違いによって、外傷防止のために様々な保護構造が施されている。陸揚局近傍などの浅海域では、特に、漁労、^{いかり}錨などにより損傷を受けやすいため、一般に、鋼線を一重又は二重に巻いて保護した鋼線外装ケーブルが用いられている。
- B 光海底ケーブルは、いったん敷設されると長期間にわたって安定した伝送特性が維持されなければならない。光ファイバの伝送特性のうち、光伝送損失は経年的に増加するおそれがあり、その主な要因としては、光ファイバのマイクロベンドの発生及び水素ガスによるものがある。
- C 3分割鉄個片の中に低密度ポリエチレンとともに複数本の光ファイバを直接、スラックを入れて挿入しているルースタイプの光海底ケーブルは、タイトタイプの光海底ケーブルと異なり、銅チューブの溶接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。

<(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、ITU-T勧告で規定されている、光海底ケーブルの評価試験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) 光海底ケーブルの機械特性における引張り及び曲げに関する評価試験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 光海底ケーブルを円筒面に巻き付けて張力をかける評価試験はシーブ試験といわれ、ケーブルの敷設、回収などを行う際に、ケーブル船上のシーブやドラムケーブルエンジン上でケーブルが受ける引張り、曲げ、側圧の動的ストレスを模擬して評価する試験である。
- ② 120[m]程度の長さの光海底ケーブルに全体的に張力をかける試験は長尺引張試験といわれ、ケーブルの敷設、回収などを行う際のケーブル自重による引張張力、さらにケーブル引上げ時におけるケーブル自重の数倍の引張張力を模擬して評価する試験である。
- ③ シーブ試験及び長尺引張試験では、引張り－伸び特性のほか、光ファイバの伝送損失、波長分散、偏波モード分散及び絶縁抵抗の変化が確認される。
- ④ 引張りと曲げに関する評価試験を含む機械特性評価試験は、一般に、製造されたケーブル全数に対して行われるものではなく、製造された光海底ケーブルの一部サンプルを使用して行われる。

(ii) 光海底ケーブルの水走り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 高水圧下において光海底ケーブルが切断されると、光海底ケーブル内部に海水が浸入する水走りといわれる現象が生ずる。この水走りにより光ファイバの強度劣化及び光海底ケーブルの給電特性の変化が生ずるが、光ファイバの伝送特性の経年劣化は生じない。
- ② 高水圧下における光海底ケーブルの水走り長を抑制する要求を満たすために、光海底ケーブルの性能として、一般に、54[MPa]の水圧下で2週間放置した場合の水走り長が1,000[m]以下であることが求められる。
- ③ 水走り防止材は、無外装(LW)ケーブルにおける銅チューブ内の鋼線間の空隙部、及び外装ケーブルにおける外装ワイヤ間の空隙部に充填されており、その止水性能を検証するために水走り試験が行われる。
- ④ 水走り試験では、水圧試験装置の圧力容器内に光海底ケーブルを入れ、ケーブル故障の発生から修理完了までを想定した期間にわたり所定の圧力を印加し、その後のケーブル内部の水走り長を確認する。水走り長は、一般に、印加する圧力が高いほど短くなる。

- (1) 次の文章は、敷設中の海底ケーブルに作用する力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)

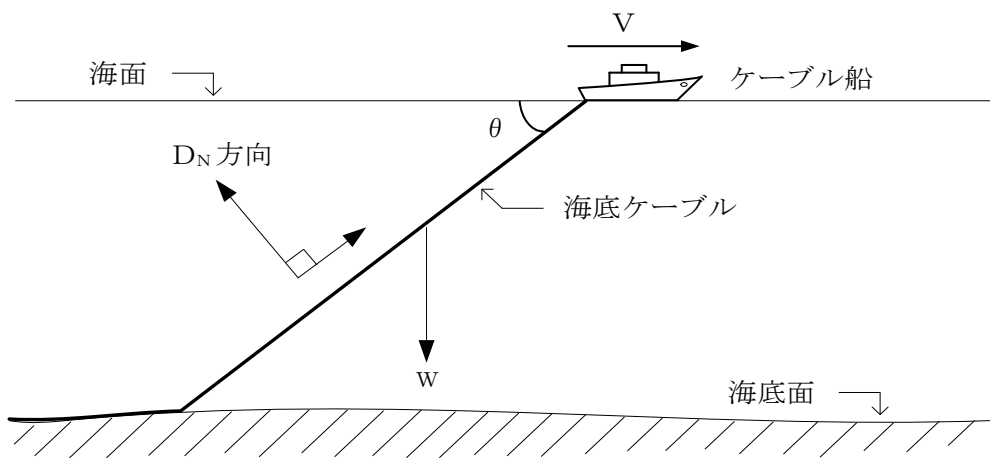
海底ケーブルの敷設において、海底面が平坦で潮流がなく、船速が一定で、かつ、ケーブル繰出速度が船速より速い敷設作業の場合は、ケーブル各部は一定速度で沈下するので、水中におけるケーブルはほぼ一直線になり、海底のケーブル着底点での張力はほぼ (ア) となる。

図に示すケーブル敷設の概念図において、単位長さ当たりのケーブル水中重量を w [N/m]、ケーブルの入水角を θ [rad]、法線方向 (D_N) の抗力係数を C_D 、ケーブル船の船速を V [m/s]、ケーブルの直径を d [m]、海水の密度を ρ [kg/m³] とするとき、単位長さ当たりのケーブルの法線方向に作用する力に注目すると、ケーブルの水中重量の法線成分である (イ) と流体抵抗である $\frac{\rho C_D d (V \sin \theta)^2}{2}$ が釣り合っていることから次式が得られる。

$$\text{(イ)} = \frac{\rho C_D d (V \sin \theta)^2}{2}$$

さらに、 θ が小さい場合、 $\cos \theta$ を1、 $\sin \theta$ を θ と近似でき、式より、船速 V と入水角 θ の積 $V \theta$ は w 、 ρ 、 C_D 、 d から決まる (ウ) 定数といわれる定数と等しくなり、 θ が小さい範囲において、 θ は船速 V にほぼ反比例することが分かる。

一方、ケーブル繰出速度が船速を下回った場合は、海底のケーブル着底点はより後方に遠くこととなり、水中におけるケーブルは (エ) 曲線を描くようになる。



- 〈(ア)~(エ)の解答群〉
- | | | | |
|-------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| ① ゼロ | ② 螺旋 | ③ $w \cot \theta$ | ④ カテナリ |
| ⑤ $w \sin \theta$ | ⑥ バナナ | ⑦ $w \cos \theta$ | ⑧ ファラデー |
| ⑨ $w \tan \theta$ | ⑩ 弾性 | ⑪ アボガドロ | ⑫ 動水力学 |
| ⑬ 船速に比例した値 | ⑭ 水深長分のケーブル水中重量 | ⑮ サイクロイド | ⑯ ケーブル繰出速度に比例した値 |

(2) 次の文章は、海底ケーブルの防護技術、埋設機器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) 海底ケーブルの埋設工事におけるケーブル防護技術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。

<(オ)の解答群>

- ① 漁業活動や船舶の投錨からケーブルを防護するためのケーブル埋設工事の適用範囲は、ケーブル故障修理時の回収作業の観点から、水深500[m]までである。
- ② 鋤式埋設機を用いてケーブルを埋設する場合、円滑に埋設作業が進むように事前に障害物を除去するPLGR(Pre-Lay Grapnel Run)といわれる作業を行い、その後、5[ノット]~10[ノット]程度の速度で鋤式埋設機を曳航する。
- ③ サンドウェーブがある海域では、敷設同時埋設ではケーブルサスペンションが生じやすいため、埋設機を用いなくて適切なケーブルスラックを与えて表面敷設し、ROVなどで後埋設する方法を用いる場合がある。
- ④ 埋設によりケーブルを防護できない海底では、砕石、コンクリートマット、半割り鑄鉄管などを用いてケーブルを防護する。また、他のケーブルやパイプラインとの交差部では、双方が傷つかないようにするため、製造工程において鑄鉄製の保護層を外装したケーブルを敷設する。

(ii) 海底ケーブルの埋設機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 鋤式埋設機は、ケーブルを敷設しながら同時に埋設でき、ケーブルの後埋設も可能であるが光海底中継器を埋設できない。
- ② ROVは、アンビリカルケーブルを通して母船から制御され、遊泳性能を有し、水深2,500[m]程度での適用が可能である。埋設されたケーブルの位置、埋設深度などの調査、ケーブル故障修理の支援などに使用され、ウォータージェットによる後埋設の機能も有する。
- ③ トラクタタイプの埋設機は、ROVと比較して重厚な架台に駆動装置が装着されており、起伏の激しい海底での埋設作業に適しているが砂質の海底では使用できない。
- ④ 大型船が投錨する海域では、一般に、4[m]以上の埋設深度が要求され、ケーブルを深く埋設するためにホイールカッタ及びチェーンカッタを装備したインジェクタを用いて埋設する。

- (3) 次の文章は、光海底ケーブルシステムの監視、保守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) 光海底ケーブルシステムの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、 (キ) である。

<(キ)の解答群>

- ① 光海底ケーブルシステムの監視制御は、ITU-T勧告で標準化されているTMN (Telecommunications Management Network)アーキテクチャに基づいており、一般に、陸揚局に設置される監視システム、ネットワークオペレーションセンタ(NOC)に設置される遠隔監視端末などにより行われる。
- 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、サーバである監視装置(MC: Maintenance Controller)とクライアントであるHMI (Human Machine Interface)端末などから構成されている。
- ③ 陸揚局に設置される各NE (Network Element)とMCとのインタフェースは、信頼性を考慮してTCP/IPインタフェースからITU-T勧告で標準化されているQ3インタフェースに移行されている。
- ④ 各陸揚局の監視システムは、一般に、DCN (Data Communication Network)により相互接続されており、陸揚局間における監視用の通信は、海底区間の光信号伝送方式であるSDH/SONETやOTN (Optical Transport Network)のオーバーヘッドに重畳されているデータ通信チャネルを用いて行われる。

- (ii) 陸揚局Aと陸揚局Bとを結ぶ中継光海底ケーブルシステムにおいて、ケーブル区間に絶縁故障が発生した場合、次に示す条件のとき、絶縁故障点は、陸揚局Aから (ク) [km]の地点であると推定される。

(条件)

- Ⓐ 中継光海底ケーブルシステム長: 4,000 [km]
- Ⓑ 給電電流: 0.8 [A]
- Ⓒ 光海底中継器間隔(陸揚局と第1中継器の間隔を含む): 50 [km]
- Ⓓ 光海底中継器1台当たりの電圧降下: 給電電流0.8 [A]のとき、30 [V]
- Ⓔ 光海底ケーブル1 [km]当たりの電気抵抗: 1 [Ω]
- Ⓕ 絶縁故障発生前の正常な状態での給電電圧 陸揚局A: +2,785 [V]
陸揚局B: -2,785 [V]
- Ⓖ 絶縁故障発生後、絶縁故障点の電位をゼロに調整した状態での給電電圧 陸揚局A: +1,210 [V]
陸揚局B: -4,360 [V]
- Ⓗ 陸揚局での接地抵抗、地電位差など上記以外の電気抵抗変動要因及び電圧変動要因は考慮しないこととする。

<(ク)の解答群>

- ① 800 ② 825 ③ 850 ④ 875

(1) 次の文章は、無中継光海底ケーブルシステム(無中継システム)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。

(2点×4=8点)

無中継システムは、光ファイバ伝送路の途中に光海底中継器を用いない構成であり、システム設計には、一般に、送信光パワー、光ファイバ損失及び光受信感度より計算されるパワー budgetsを用いた設計手法が用いられている。

無中継システムの伝送距離を延伸する方法の一つとして、送信端からの送信光パワーを上げる方法があるが、その値がしきい値を超えると□(ア)といわれる現象が生じ、しきい値を超えた光信号パワーのほとんどが送信端の方向へ向かい、受信端に到達する光信号パワーが飽和する。そこで、無中継システムでは、光ファイバ伝送路の一部にEDFを使用し、陸揚局から光ファイバ伝送路に励起光を送って光信号パワーを増幅する遠隔励起光増幅技術を用いる場合がある。励起光の波長は光ファイバの低損失領域にある必要があるため、□(イ) μm帯が用いられる。

また、無中継システムのシステム長を延伸する場合、光ファイバの伝送損失を小さくするために、□(ウ)を添加した光ファイバが用いられることがある。

さらに、無中継システムに用いられる光海底ケーブルは、中継システム用と異なり、多心化が可能であり、融着接続の作業性を考慮して□(エ)を実装するケーブルも実用化されている。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

- | | | |
|-----------------|---------------------------|---------------|
| ① 0.98 | ② 層燃 ^{より} 型で100心 | ③ クラッドにフッ素 |
| ④ 1.31 | ⑤ 誘導ラマン散乱 | ⑥ フレネル反射 |
| ⑦ 1.48 | ⑧ タイト型で50ペア | ⑨ 誘導ブリルアン散乱 |
| ⑩ 1.55 | ⑪ コアにフッ素 | ⑫ 自己位相変調 |
| ⑬ カッド型で25カッド | | ⑭ コアにホウ素 |
| ⑮ テープスロット型で100心 | | ⑯ クラッドにゲルマニウム |

(2) 次の文章は、中継光海底ケーブルシステム的设计手法、光雑音累積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) 中継光海底ケーブルシステム的设计手法について述べた次の文章のうち、正しいものは、□である。

<(オ)の解答群>

- ① 光海底ケーブルシステムにおいて光増幅方式を用いる場合は、再生中継方式を用いる場合と同様に中継区間ごとに所定の伝送品質を満たすように設計される。
- ② 光増幅方式を用いた光海底ケーブルシステムでは、光ファイバの非線形光学効果による伝送特性の劣化を考慮して光海底中継器出力を決定し、次段の光海底中継器の最小受光感度以上となるように中継間隔を設計すればよい。
- ③ 光増幅方式を用いた光海底ケーブルシステムでは、伝送路と光伝送端局装置を合わせた伝送区間のQ値を Q_s 、伝送路のQ値を Q_L 、光伝送端局装置のQ値を Q_E とすると、 Q_s は、一般に、次に示す関係式から求めることができる。ただし、 Q_s 、 Q_L 及び Q_E は、いずれも真数とする。
$$Q_s^2 = Q_L^2 + Q_E^2$$
- ④ WDM方式を用いた光海底ケーブルシステムは、一般に、長期運用を想定するため、最大設計容量と初期の伝送容量が大きく異なる場合がある。伝送されるWDM信号の波長数が最大設計波長数に満たない場合、1波長当たりの出力光強度が高くなり過ぎることを抑えるために、ダミー光を信号光と一緒に伝送することがある。

(ii) 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)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、□である。

- 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する。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、システムにおけ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

(3) 次の文章は、光海底ケーブルネットワークのトポロジ、光海底ケーブルシステムの伝送技術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) 光海底ケーブルネットワークのトポロジなど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 光海底ケーブルネットワークの信頼性を向上する方法として、従来の3分岐型ではなく4分岐型の光海底分岐装置(BU)を用いることにより、物理的にメッシュ構成のネットワークトポロジが実現されている。
- ② BUを使用するトランクブランチ構成では、ブランチ局とBUとの間の光海底ケーブルで故障が発生しても、トランク局間を直接結ぶ光ファイバペアのトラヒックには影響を及ぼさないようにすることができる。これを実現するには、トランク局間を両端給電、ブランチ局とBUとの間を片端給電とする方法が用いられる。
- ③ 対向する二つの陸揚局を1本の光海底ケーブルで結ぶポイント・ツー・ポイント構成では、光ファイバケーブル内の2組の光ファイバペアを利用し、一方の光ファイバペアをワーキング光ファイバペア、他方の光ファイバペアをプロテクション光ファイバペアとする1+1構成で冗長系を構成する場合がある。
- ④ 三つ以上の陸揚局を環状に接続するリングネットワーク構成では、右回りルートが切断した場合、左回りルートに切り替えるリング切替によるプロテクション方法が有効となる。このリング切替により故障箇所を迂回する場合、信号の伝搬遅延時間を短縮するため、故障発生箇所近くの陸揚局まで信号を伝送することなく、最短距離での迂回経路を選択する方式が実用化されている。

(ii) 中継光海底ケーブルシステムの変調方式、誤り訂正技術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 中継光海底ケーブルシステムは、所要の伝送特性を満足するために非線形耐力が求められ、強度変調方式としては、一般に、RZ-OOK方式と比較して非線形耐力に優れたNRZ-OOK方式が用いられている。
- ② FECの特性評価には、BERや光SN比と関係づけられるQ値が用いられ、誤り訂正前後のQ値の差は符号化利得といわれる。
- ③ 中継光海底ケーブルシステムでは、伝送信号波長数の増加に比例して伝送特性が劣化するのを改善するため、軟判定・繰り返し復号のFEC方式と比較して誤り訂正能力の優れた硬判定・接続符号・繰り返し復号のFEC方式が採用されている。
- ④ 光海底中継器の限られた光増幅帯域において、波長間隔を狭めて多くの光信号を多重化することが求められている。中継光海底ケーブルシステムでは、光増幅帯域で使用できる波長可変光源はないため、伝送信号の波長数と同じ数の単一波長光源が必要となる。

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) ・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。