平成２０年度　第２回
電気通信主任技術者試験問題

午後の部（線　路）
専門的能力・電気通信システム

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**

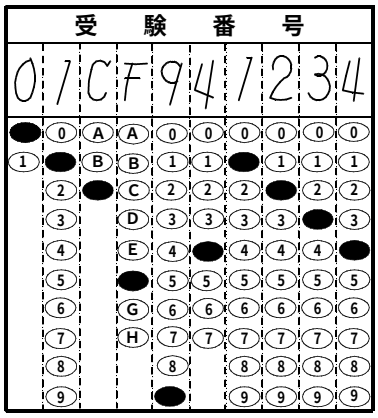
3　試験種別と試験科目別の問題(解答)数及び試験問題ページ

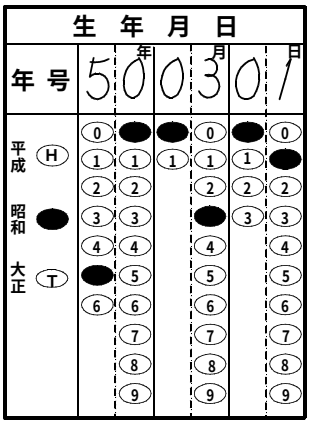
試験種別	試験科目	申請した専門分野	問題（解答）数					試験問題ページ
			第１問	第２問	第３問	第４問	第５問	
線路主任技術者	専門的能力	通信線路	8	8	8	8	8	線１～線14
		通信土木	8	8	8	8	8	線15～線24
		水底線路	8	8	8	8	8	線25～線39
	電気通信システム	専門分野にかかわらず共通	問１から問２０まで　　２０					線40～線43

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けたの数字がある場合、十の位のけたの「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





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　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。

7　登録商標などに関する事項

(1) 試験問題に記載されている会社名又は製品名などは、それぞれ、各社の商標または登録商標です。
(2) 試験問題では、® 及び ™ を明記していません。
(3) 試験問題の文中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。

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。)

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、電気通信に対する誘導妨害の概要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)

電気通信に対して誘導妨害を起こす主な誘導源には、電力線、電気鉄道などの強電流施設、放送波などがある。

強電流施設による誘導には、静電誘導と電磁誘導の２種類があるが、静電誘導は、通信線が電力線から数十〔m〕以上離れるとほとんど問題とならず、また、通信線の近傍に［　(ア)　］された遮へい線を設置することにより、軽減することが可能である。

一方、電磁誘導は、静電誘導と比較して、通信線に与える影響範囲が広く、かつ、対策も困難であるが、電磁誘導を軽減する対策としては、通信線と電力線との距離を離すこと及び通信線と電力線との交差部分をできる限り直角にすることにより［　(イ)　］を減少させる方法、アルミ被誘導遮へいケーブルを使用することにより［　(ウ)　］を減少させる方法などがある。

また、放送波による誘導妨害は、通信ケーブルがアンテナとなって電波を受信し、通話信号や伝送信号に対する雑音となるものをいい、通話妨害や［　(エ)　］の低下による伝送品質の劣化を引き起こすものである。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

①　絶　縁	②　静電容量	③　接　地	④　漏れコンダクタンス
⑤　導体抵抗	⑥　動作減衰量	⑦　開　放	⑧　相互インダクタンス
⑨　表皮効果	⑩　電圧反射係数	⑪　ＳＮ比	⑫　特性インピーダンス
⑬　伝搬定数	⑭　遮へい係数	⑮　帯　電	⑯　電圧透過係数

(２)　次の文章は、メタリック伝送における雑音、漏話などについて述べたものである。 [　　] 内の(オ)～(ク)に適したものを、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)　雑音及びひずみ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　インパルス性雑音は、増幅器などで発生する雑音であり、導体中の自由電子の熱的じょう乱運動によるもので、これを避けることは原理的に不可能である。この雑音は、全周波数に対して一様に分布していることから白色雑音ともいわれる。

②　多重通話路において非直線ひずみを有する部分では、高調波のほかに和周波数及び差周波数の種々の組合せからなる相互変調積による結合波が発生し、各部分で発生したこれらのひずみは、逐次、累積されて非了解性の漏話となる。

③　伝送系の減衰量が周波数に対して一定でないために生ずるひずみは、減衰ひずみといわれる。音声回線において、特定の周波数で減衰量が特に少ないと、その周波数において鳴音を起こしやすくなる。

④　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は、非直線ひずみといわれ、波形ひずみの原因となる。

(ⅱ)　線路における無ひずみ伝送の条件について述べた次のＡ～Ｃの文章は、 [　(カ)　] 。

Ａ　無ひずみ伝送の条件は、伝送に用いる周波数帯域内において、位相定数が一定であり、かつ、インピーダンスが周波数に比例することである。

Ｂ　減衰ひずみを最小とする条件は、減衰量を最小とすることであり、この条件は、無ひずみ条件と等価である。

Ｃ　実際の伝送路では、一般に、無ひずみ伝送の条件を満たさないため、減衰量を軽減する方法として装荷コイルを用いてインダクタンスを挿入する方式がある。装荷コイルは、音声帯域の減衰量の軽減には有効であるが、広帯域を使う信号伝送や多重伝送には逆効果となることがある。

〈(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)　漏話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　信号が隣接した回線に漏れる現象は、一般に、漏話といわれる。被誘導回線において、誘導回線の送端側に生ずる漏話は遠端漏話、受端側に生ずる漏話は近端漏話といわれる。

②　伝送路で発生する漏話には、２対以上のケーブルなどにおいて生ずる一つの導線対(誘導対)と他の導線対(被誘導対)との間の電磁結合及び静電結合によって生ずる非直線漏話、同軸ケーブルの不平衡に起因する静電結合によって生ずる非了解性漏話などがある。

③　ケーブル内の各対の２本の導線を撚(よ)ることにより、漏話は軽減でき、隣接する対どうしで撚りピッチを同一にすると、撚りピッチを変えた場合と比較して大きな軽減効果が得られる。

④　伝送端局装置で発生する漏話には、装置内の布線間で生ずるもの、変復調器に加わる搬送波が他の通話路の搬送波成分を含むために生ずるものなどがある。

(iv)　伝送単位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　伝送系で扱う伝送単位には、デシベル〔ｄＢ〕、ネーパ〔Ｎｐ〕などがある。デシベルは、２点間の信号電力比を常用対数で表したものに１０を乗じたもので、ネーパは、２点間の信号電力比を自然対数で表したものに$\frac{1}{2}$を乗じたものであり、自然対数の底をｅとすると、１〔ｄＢ〕＝２０ log_{10} ｅ〔Ｎｐ〕である。

②　信号電力を表す伝送単位の一つである〔ｄＢｍ〕を用いると、信号電力１〔ｍＷ〕は０〔ｄＢｍ〕、１００〔ｍＷ〕は２０〔ｄＢｍ〕、１〔Ｗ〕は３０〔ｄＢｍ〕と表される。

③　伝送系において、ある点と基準点とにおける信号の電力比を伝送単位で表した値は、その点の相対レベルといわれ、単位は、〔ｄＢｖ〕で表される。

④　伝送系において、ある点と１〔ｍＷ〕を基準値とした基準点とにおける信号の電力比を伝送単位で表した値は、その点の絶対レベルといわれ、単位は、〔ｄＢｒ〕で表される。

問２　次の問いに答えよ。　　(小計２０点)

(１)　次の文章は、光ファイバ中の光の伝搬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)

光ファイバの構造は、コアといわれる中心部と、これを同心円状に取り囲むクラッドからなり、クラッドの屈折率をコアの屈折率よりわずかに［　(ア)　］ように設計されている。

このような構造の光ファイバにおいて、図に示すように、臨界角θ_Cより小さい角度で入射した光は、コアとクラッドの境界面で全反射を繰り返しながら光ファイバ内を伝搬する。一方、臨界角θ_Cを超える角度で入射した光は、境界面で反射するたびに入射光の一部がクラッドへ透過し、次第に減衰するので、ある程度以上の距離を伝搬することはできない。

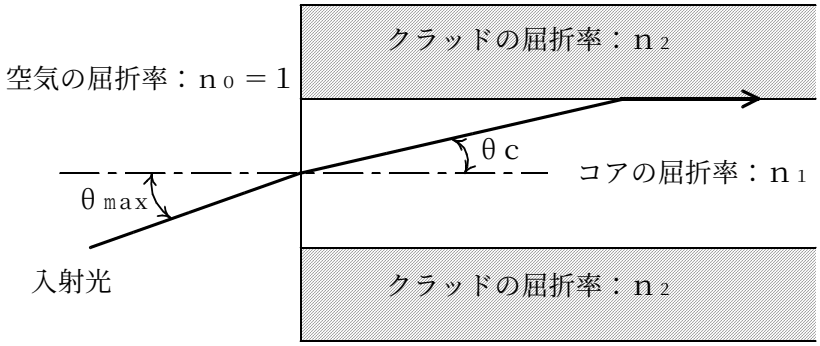
また、光の反射・屈折についての［　(イ)　］の法則より、比屈折率差(コアとクラッドの屈折率差とコアの屈折率との比)が大きいほど、光ファイバで受光可能な入射角が大きくなることが導かれる。

空気の屈折率n_0を１、光ファイバのコア及びクラッドの屈折率をそれぞれ、n_1、n_2とし、光が光ファイバ内を全反射して伝搬するときの光ファイバ端面での最大入射角をθ_{max}(空気とコアの境界面の法線と、入射光のなす角度)とすると、開口数(ＮＡ)は、次式で表される。

ＮＡ＝$\sin\theta_{max}$＝［　(ウ)　］

ＮＡは、光源と光ファイバの結合効率に影響を与える基本的なパラメータであり、ＮＡが大きいほど、光ファイバは多量の光を受け入れることができる。

［　(エ)　］は、ＬＤと比較して光源の放射角が非常に広いため、光ファイバと光源の結合効率を高くするにはＮＡを大きくする必要がある。



〈(ア)～(エ)の解答群〉

①　大きくなる	②　小さくなる	③　ＬＥＤ	④　ＬＣＤ
⑤　$\sqrt{n_1+n_2}$	⑥　プランク	⑦　レイリー	⑧　スネル
⑨　$\sqrt{n_2^2-n_1^2}$	⑩　ブラッグ	⑪　ＡＰＤ	⑫　ＰＤ
⑬　$\sqrt{n_1^2+n_2^2}$	⑭　強い波長特性を持つ		
⑮　$\sqrt{n_1^2-n_2^2}$	⑯　強い光強度特性を持つ		

(2) 次の文章は、光ファイバの損失要因などについて述べたものである。［　　］内の(オ)～(ク)に適したものを、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) 光ファイバの損失要因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 モード分散とは、マルチモード光ファイバにおいて、光ファイバ内を伝搬する各モードの伝搬経路が異なるために生ずる伝搬速度の違いにより波形が時間的に広がる現象のことで、シングルモード光ファイバでは伝搬モードが一つのため、モード分散は生じない。

② 光の波長と比較して直径が小さい粒子に光が当たったとき、その光が様々な方向に進んでいく現象は、レイリー散乱といわれ、波長の4乗に比例して大きくなるため、短波長帯を用いることでその影響を抑えることができる。

③ 光ファイバの製造過程では、加水分解反応を用いるため、光ファイバ中にOH基が混入する場合がある。OH基は光ファイバ中に1〔ppm〕程度含まれていても、損失の増加要因となる。

④ 赤外吸収損失は、光ファイバのコアを伝搬する光が、ガラス分子を振動させることにより生ずる損失であり、熱で振動している分子の振動数と光の周波数が一致し、共振現象が生ずる場合に大きくなる。

(ii) 石英系光ファイバの損失特性などについて述べた次のA～Cの文章は、［(カ)］。

A 石英系光ファイバは1.55〔μm〕付近に最低損失領域があるが、これより長波長側では赤外吸収の影響により1.6〔μm〕付近から損失が増加する。

B 石英系光ファイバにおいて、1.3〔μm〕、1.4〔μm〕及び1.55〔μm〕近傍の波長域は、OH基による吸収損失のピークに挟まれた谷間にあたり、光ファイバの窓といわれ、分散が小さく、広帯域であることなどから、長距離伝送システムに使用される。

C 低損失な光ファイバを実現するために、コアを純粋石英ガラスとし、クラッドにフッ素を添加した屈折率の低いガラスを用いた純粋石英コア光ファイバが開発されている。この光ファイバは、コアにGeO_2を添加した光ファイバと比較してレイリー散乱が小さい。

〈(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) 光ファイバ中の光の非線形伝搬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 シングルモード光ファイバは、１０〔μｍ〕程度以下の細径コアに光を閉じ込めるため、パワー密度が低くなり、１〔W〕程度の光パワーが入射された場合のパワー密度は、０．０１〔W／cm²〕程度である。

② 高強度の光パルスが光ファイバに入射されると、光の電界によって光ファイバ物質中の電子の軌道が変化し屈折率が変化する。この現象は、光ソリトン効果といわれる。

③ 二つの異なる波長の光を光ファイバに入射し、一方の光の強度を変化させることにより生ずる屈折率の変化が他方の信号の位相を変化させる現象は、相互位相変調といわれ、高速信号の多重分離技術や信号処理技術に応用される。

④ 一般に、光ファイバなどの物質に光を入射すると、分子振動や固体の光学的振動と入射光との相互作用によって散乱光が生ずる現象は、ブリルアン散乱といわれ、固体の音響的格子振動と入射光との相互作用によって散乱光が生ずる現象は、ラマン散乱といわれる。

(iv) 光線路システムにおける伝送特性劣化要因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 自己位相変調とは、光信号のパワーが増大すると、光ファイバの非線形効果により光パワーの変化に応じた損失の変動によって光ファイバの誘電率を変化させる現象であり、光ファイバの波長分散による波形劣化を増加させる。

② 光伝送特性の劣化要因となる主な雑音には、入力光信号に重畳される発光源雑音、入力光信号の持つ量子雑音であるショット雑音のほか、受信器側で生ずる雑音として、受光信号がない場合でも受光素子の中を流れる暗電流と熱雑音がある。

③ 四光波混合光によるＳＮ比の劣化を低減する方法として、零分散波長と一致した波長帯を利用する方法、四光波混合光がＷＤＭ信号に重畳して干渉を発生させないようにＷＤＭ信号の光周波数を等間隔に配置する方法がある。

④ シングルモード光ファイバを伝送路に用いた場合、１０〔Gbit／s〕程度に帯域制限したシステムでは、主に、モード分散が波形劣化の支配的要因であり、４０〔Gbit／s〕を超える伝送帯域を用いた長距離伝送システムでは、さらに、波長分散による波形劣化も考慮する必要がある。

問３　次の問いに答えよ。　　(小計２０点)

(１)　次の文章は、鉄３分割パイプ形光海底ケーブルの構造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)

鉄３分割パイプ形光海底ケーブルは、光ファイバユニットを鉄３分割パイプ、抗張力ピアノ線及び［　(ア)　］で構成される複合金属体に収容しており、耐水圧構造を断面が［　(イ)　］の３個の鉄個片を集合した鉄３分割パイプとしたことから、光ファイバユニットに熱応力などが一切かからないため、品質の安定した製造が可能であり、［　(ウ)　］の製造に適している。

また、鉄３分割パイプ形光海底ケーブルは、複合金属体内部の空隙(げき)に防水樹脂を充填(てん)することにより、ケーブル切断時の海水の浸入を防止している。この複合金属体は、光海底中継器などへの給電線としても機能するため、ポリエチレンの絶縁層により電気的に保護されている。

さらに、光ファイバの光損失増加の一つの要因として、［　(エ)　］が挙げられるが、その対策としては、ケーブル使用材料として［　(エ)　］を発生しにくいものを選択し、製造工程においても、電気化学反応により［　(エ)　］発生の要因となりうる水分がケーブル内に浸入しないようにすることなどが講じられている。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

①　ステンレスパイプ	②　円錐形	③　窒素ガス	④　扇　形
⑤　高張力ケーブル	⑥　水素ガス	⑦　外装ケーブル	⑧　鉄テープ
⑨　軽量ケーブル	⑩　銅チューブ	⑪　温度変化	⑫　円　形
⑬　アルミチューブ	⑭　長尺ケーブル	⑮　長方形	⑯　紫外線

(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などについて述べたものである。［　　］内の(オ)～(ク)に適したものを、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) 給電装置の機能と特徴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 光海底ケーブルシステムでは、光海底中継器に必要な電力は、陸揚局に設置された給電装置から直流定電流で供給される。電力変換に用いられる過飽和リアクタ形コンバータは、直列共振形コンバータと比較して、スイッチング素子の駆動電力が小さいため、電力変換効率が高い。
② 給電装置に用いられるコンバータの出力制御は、一般に、スイッチング周波数を変化させることにより行われるが、海中分岐装置の給電切替回路の駆動時、光海底ケーブル故障探査のための直流抵抗測定時など、給電電流値が低い場合は、周波数制御とパルス幅制御を併用して行われる。
③ 給電装置は、光海底中継器を保護するため、過電流又は過電圧を検出する機能を有している。これらの検出は、検出器の誤動作による給電停止を避けるため、一般に、3系統の回路で行われており、2系統以上の回路が異常を検出した場合に、給電を停止する方式が採用されている。
④ 給電装置は、給電前に光海底ケーブルが正常か否かを調べるため、一般に、微小電流を光海底ケーブルに供給する微小電流供給機能を有している。

(ii) 給電装置の電流制御方式などについて述べた次のA～Cの文章は、［（カ）］。

A 給電装置の制御方式は、給電装置の小型化及び調整作業などの保守性を考慮して、複数のコンバータの電流を共通に制御する共通制御方式が採用されている。
B 給電の立ち上げ動作は、光海底中継器へ過剰なストレスが加わらないように、約2分間で徐々に規定値に達する方式が採用されている。
C 両局給電方式の場合、給電装置は、両給電装置間で均等に負荷を分担するように調整できる設計となっている。

〈(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) ケーブル終端装置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 ケーブル終端装置は、一般に、ケーブル終端部、保守用情報の多重・分離部、アース電流・電圧監視部などで構成される。

② 陸揚局に引き込まれた光海底ケーブルは、ケーブル終端装置で光ファイバと給電路に分離され、光ファイバは光伝送端局装置に接続され、給電路は給電装置にそれぞれ接続される。

③ ケーブル終端装置は、アース電流及びアース電圧を常時監視し、アース系統の故障による接地抵抗増加などを検出し、自動的に給電を停止する機能を有している。

④ ケーブル終端部は、光ファイバの接続及び収納が容易な構造で、一般に、光コネクタによる接続点が設けられており、直流抵抗、静電容量測定などによるケーブル故障探査作業が容易に行えるように、ケーブル給電路の切替が可能な構造を有している。

(iv) 給電装置の安全対策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 給電装置は、落雷などにより発生するサージ電流が光海底ケーブルを経由して侵入した場合の防護対策として、陸揚局の建物と共用接地されている。

② 給電装置の裏面カバー及び架上端子盤の保護カバーが外れている場合、作業者は、カバーが外れている部分に細心の注意を払って給電作業を開始する。

③ 給電装置における高圧回路を有するパネルは、給電装置の動作中には架から取り外すことができないようにするため、一般に、機械的に施錠されている。

④ 給電装置の給電停止は自動化されており、緊急時における運用者の誤判断による給電停止がないように、手動用の緊急給電停止ボタンは備わっていない。

問４　次の問いに答えよ。　(小計２０点)

(１)　次の文章は、浅海部における光海底ケーブル陸揚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)

光海底ケーブルの陸揚工事は、一般に、ケーブル敷設船を陸揚点の沖合いに停船させ船固めをして行う。

船固めの方法には、船首及び船尾のアンカを用いる方法などがあるが、近年では、推進機やスラスタなどを制御することにより船の定点保持を可能とする［　(ア)　］を採用したケーブル敷設船が導入されたため、アンカを用いずに光海底ケーブルの陸揚工事を行うことも可能となっている。

陸揚工法のひとつである［　(イ)　］法は、海岸に設置した大型の滑車とブルドーザなどのけん引車で、ケーブル敷設船から必要長のケーブルを海岸に陸揚げする方法である。陸揚げされたケーブルは海岸に埋設する必要があることから、一般に、あらかじめ海岸を掘削しておくが、海岸保全などの理由により海岸の掘削が許可されない場合は、石油掘削技術を応用した［　(ウ)　］工法により海岸保全などに影響を及ぼさない内陸地点から直接海底に管を通すこともある。

光海底ケーブルを陸揚げするときは、タイヤチューブなどでできた［　(エ)　］を光海底ケーブルに一定間隔で取付け、光海底ケーブルを海中に浮かせた状態でけん引する。陸揚げ後に、光海底ケーブルを敷設ルート上に修正した後、ダイバにより［　(エ)　］を切離し、光海底ケーブルを海底に沈める。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

①　ＮＡＴＭ	②　フロート	③　ブッシング	④　ＧＰＳ
⑤　中間けん引	⑥　ロラン	⑦　海岸けん引	⑧　保護管
⑨　ベンチカット	⑩　弧状推進	⑪　シールド	⑫　ＤＰＳ
⑬　カットバック	⑭　ケーブル敷設船けん引		
⑮　防護カバー	⑯　サイドスキャンソナー		

(２)　次の文章は、光海底ケーブルの敷設工事などについて述べたものである。［　　］内の(オ)～(ク)に適したものを、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)　浅海部における光海底ケーブルの敷設工事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　浅海部では、漁具や船錨(びょう)などによる損傷からケーブルを保護するために、鉄線をケーブル外周に巻いた外装ケーブルを使用する。

②　浅海部で外装ケーブルを敷設する場合は、キンクを生じさせないように外装ケーブルにかかる張力を、１０～２０〔kN〕程度に保つことが重要である。

③　浅海部においては、一般に、鋤(すき)式埋設機を用いて敷設と同時に光海底ケーブルを埋設するが、ジョイントボックスや光海底中継器は同時に埋設することができないため、これらの手前で鋤式埋設機をケーブル敷設船上に回収する。

④　鋤式埋設機を用いて敷設同時埋設ができない場合は、ケーブル敷設後にＲＯＶなどを用いて後埋設を行う。一般に、後埋設を行うケーブル埋設区間では、ケーブルがほぼ直線的に敷設されていることが望ましい。

(ⅱ)　深海部における光海底ケーブルの敷設工事について述べた次のＡ～Ｃの文章は、［　(カ)　］。

Ａ　深海部における光海底ケーブルの敷設工事では、ケーブル重量が敷設工法に大きく影響し、一般に、深海流を考慮して、ケーブル重量が大きい外装ケーブルを使用する。

Ｂ　光海底ケーブルを海底地形に沿って計画どおりに敷設するには、あらかじめ設定したケーブルスラックを正しく投入する必要があることから、敷設中は正確な対水速度を基にスラック制御を行う必要がある。

Ｃ　光海底ケーブルの敷設に用いるケーブルエンジンには、リニア式ケーブルエンジン、ドラム式ケーブルエンジンなどがある。深海部における敷設の場合は、スラック制御が容易で高速敷設に適したドラム式ケーブルエンジンが用いられる。

〈(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) 海中分岐装置の敷設と回収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 分岐ケーブル側から海中分岐装置、主ケーブルへと敷設する方法は、ケーブル敷設船が２隻必要なことから２船法といわれる。また、主ケーブル側から海中分岐装置、分岐ケーブルへと敷設する方法は、ケーブル敷設船が１隻で実施可能なことから単船法といわれる。

② 単船法は、２船法と比較して工法が簡単で、２隻で同期をとることもなく敷設作業を実施でき、また、１隻のみということで経済的である。

③ 海中分岐装置周辺の修理を行う場合には、海中分岐装置と分岐ケーブルとの接続部の許容曲げ角度などを考慮し、一般に、主ケーブル側から回収する方法が採られる。

④ 海中分岐装置周辺の修理のため、主ケーブル側から海中分岐装置を回収する場合、２本の分岐ケーブル重量と海水の抵抗及び海中分岐装置の自重により、主ケーブルの船上張力が主ケーブルの許容張力を超えるおそれがあるときは、２本の分岐ケーブルのうち少なくとも１本をあらかじめ海底で切断後、回収する。

(iv) 埋設ケーブルの修理方法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 埋設された光海底ケーブルを探線する場合は、一般に、陸揚局から光海底ケーブルに直流信号を流し、ＲＯＶの磁気センサを用いて行われる。

② 埋設された光海底ケーブルを探線用アンカによって捕線することが困難な場合は、ＲＯＶに装備されたマニピュレータを海底に貫入させて光海底ケーブルを直接把持し、海底面上に持ち上げる。

③ 埋設された光海底ケーブルの修理においては、割り入れケーブルに二重外装光海底ケーブルを用いてケーブル自体の強度を高めていることから、修理後、光海底ケーブルを再埋設する必要はない。

④ ＲＯＶに装備されたケーブルカッタで光海底ケーブル切断後、ケーブルグリッパに取り付けられた引揚用ロープで光海底ケーブルの片端を船上に巻き上げる場合は、もう一方の光海底ケーブル端を回収する際の目印として、一般に、光海底ケーブル切断箇所付近にピンガを設置する。

問５　次の問いに答えよ。　　(小計２０点)

(１)　次の文章は、光海底ケーブルシステムの信頼性設計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。

(２点×４＝８点)

光海底ケーブルシステムの光海底ケーブル区間及び光海底中継器の故障修理には多大な経費を必要とし、また、いったん故障が発生すると長期間にわたって通信が途絶するなど、サービスに及ぼす影響が大きいため、光海底ケーブルや光海底中継器などの海中設備に対しては、陸上設備よりも高い信頼性が要求される。

光海底ケーブルシステムは、陸上ケーブルシステムと比較して建設費が高いため、設計寿命は、長めに設定されており、一般に、［　(ア)　］である。

光海底ケーブルシステムの信頼度基準としては、光ファイバの断線や光海底中継器の部品故障などによるシステム故障は、一般に、設計寿命において、［　(イ)　］以下とされている。また、光伝送端局設備の信頼度は、ＭＴＢＦ、ＭＴＴＲ、不稼働率を用いて表記することが多い。光伝送端局設備の信頼度設計においては、［　(ウ)　］するように設計することが重要であり、光伝送端局設備の不稼働率は、ＭＴＢＦ、ＭＴＴＲを用いて［　(エ)　］で計算される。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

①　１回	②　１０～１５年	③　ＭＴＢＦを短く、ＭＴＴＲを長く
④　３回	⑤　２０～２５年	⑥　ＭＴＢＦを長く、ＭＴＴＲを短く
⑦　１０回	⑧　３０～３５年	⑨　ＭＴＢＦ、ＭＴＴＲ共に短く
⑩　２０回	⑪　４０～４５年	⑫　ＭＴＢＦ、ＭＴＴＲ共に長く
⑬　$\frac{\text{ＭＴＢＦ}}{\text{ＭＴＴＲ}}$		⑭　$\frac{\text{ＭＴＢＦ}}{\text{ＭＴＢＦ＋ＭＴＴＲ}}$
⑮　$\frac{\text{ＭＴＴＲ}}{\text{ＭＴＢＦ}}$		⑯　$\frac{\text{ＭＴＴＲ}}{\text{ＭＴＢＦ＋ＭＴＴＲ}}$

(２)　次の文章は、光海底ケーブルシステムの信頼性について述べたものである。［　　］内の(オ)～(ク)に適したものを、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)　光海底中継器の信頼度を維持する方法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　光海底中継器圧力筐(きょう)体内は、光海底中継器の信頼度を維持するため、設計寿命以上にわたり相対湿度５０〔%〕以下を維持するよう設計されており、光ファイバ及び給電線を光ファイバケーブルから筐体内に導入する部分であるフィードスルーは、高い気密性及び耐水圧強度を有している。

②　光海底中継器圧力筐体は、光海底中継器回路による内部の熱の上昇を抑え、また、内部への衝撃を抑えるための放熱・緩衝構造を備えており、放熱・緩衝構造の内側には、光海底中継器ユニットが実装されている。

③　光海底中継器筐体の材料には、鉄鋼のように防食を施して使用する材料及びＢｅ－Ｃｕ合金のように防食無しで使用できる材料がある。

④　光海底中継器については、信頼度を維持するため、保管や輸送時においても、一般に、温度及び衝撃履歴の管理が行われている。

(ⅱ)　光海底ケーブルシステムに用いられる半導体レーザ(ＬＤ)及び光ファイバの信頼性について述べた次の文章のうち、誤っているものは、［(カ)］である。

〈(カ)の解答群〉

①　ＬＤは、一般に、５０〔℃〕、７０〔℃〕といった高温環境で多数のサンプルを動作させ、経過時間と累積故障率の関係をプロットして信頼度が評価される。その後、アレニウスの関係式から実際の動作環境での寿命が推定される。

②　ＬＤが劣化すると、一定の出力を維持するためには、より大きな駆動電流が必要となる。一般に、ＬＤ駆動電流が設計値の３倍になった時点を故障としている。

③　光ファイバの信頼度を高めるために、一般に、全長にわたりスクリーニング試験を行い、製造工程で生じた脆弱(ぜい)な箇所を除去し、その部分を高強度接続する。スクリーニング試験の内容は、伸びひずみ１.５～２.０〔%〕、印加時間１秒間程度である。

④　ＬＤについては、サンプルに対する高温加速試験などにより信頼度を確認し、さらに、使用するものについては、スクリーニング試験により初期故障を除去するなどにより、所要の信頼度が得られている。

(iii)　線形中継方式による光増幅システムについて述べた次のＡ～Ｃの文章は、［（キ）］。

Ａ　損失補償のための光増幅器としてエルビウム添加光ファイバ増幅器(ＥＤＦＡ)などの光ファイバ増幅器が光海底中継器として用いられるが、このような光増幅器は、インラインアンプといわれる。

Ｂ　長距離光増幅システムでは、伝送用光ファイバは、正の分散値に設定し、さらに、累積分散値が大きくなり過ぎるのを避けるため、周期的に負の分散値を持つ光ファイバを挿入する方式が用いられる。

Ｃ　１０〔Gbit／s〕以上の高速伝送では、偏波モード分散の影響が大きくなるため、偏波モード分散値の小さい光ファイバ及び光部品が用いられる。

〈(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)　ＥＤＦＡを多段接続した長距離光増幅システムの設計条件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　長距離光増幅システムにおける符号誤り率は、一般に、送信側と受信側の信号パワーレベル差によって決定される。

②　ＷＤＭを用いた長距離光増幅システムでは、光ファイバの波長分散が大きい場合に顕著に発生する四光波混合による波形劣化が問題となるため、一般に、信号帯域で波長分散が零となる分散シフト光ファイバが用いられる。

③　完全な反転分布が実現されたＥＤＦＡを用いた場合、自然放出により発生するＡＳＥ雑音は零となり、ＥＤＦＡの雑音指数は１となる。

④　長距離光増幅システムの伝送特性が劣化する主な要因としては、ＥＤＦＡで生ずるＡＳＥ雑音の累積によるＳＮ比の劣化及び光ファイバの波長分散によって生ずる光信号波形の劣化がある。