

問2 ネットワークシステムの再構築に関する次の記述を読んで、設問1～5に答えよ。

A社は、従業員300名のコンピュータ関連製品の販売会社で、営業所が2か所ある。主に販売店経由で製品を販売しているが、一部の製品については、エンドユーザに直接販売している。A社では、販売店向けの販売店支援システムとエンドユーザ向けのインターネット販売システムを、Webサーバで稼働させている。

本社では、販売、購買、会計などの業務処理を支援する業務システムのサーバ（以下、業務サーバという）を、4台運用している。A社の現在のネットワークシステム構成を、図1に示す。

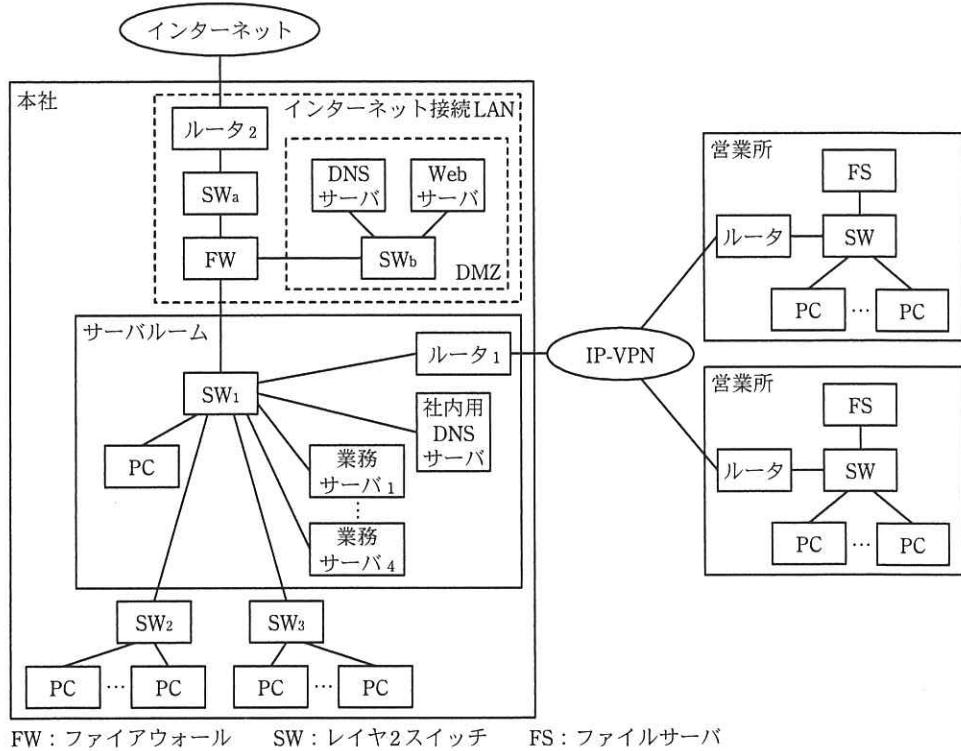


図1 A社の現在のネットワークシステム構成（抜粋）

[ネットワークシステムの運用と利用]

ネットワークシステムの運用は、本社の情報システム部が行っており、サーバ担当とネットワーク担当が役割を分担している。サーバ担当とネットワーク担当は、自席のPCとサーバルームのPCを使用して、サーバとLANの運用管理を行っている。

従業員は、自席の PC で各業務システムやインターネットを利用している。各業務サーバへのアクセスには、本社に設置された社内用 DNS サーバを利用している。本社から営業所の LAN へのアクセスは、サーバ担当とネットワーク担当だけが行っている。本社の PC のデフォルトゲートウェイには、FW の IP アドレスが設定されているので、営業所の LAN にアクセスしようとする場合、パケットは、一旦、FW に送信されてしまう。その後、FW から PC 宛てに送信される ア リダイレクトパケットによって、ルータ₁が営業所の LAN へのゲートウェイとなるが、余計なパケット転送が行われることになる。これを避けるために、サーバ担当とネットワーク担当が使用する PC だけには、営業所の LAN にアクセスするための情報が登録されている。

[障害の発生と対処]

ある日、A 社では、業務サーバ₁で稼働する業務システムが利用できなくなった。連絡を受けた情報システム部では、まず、ネットワーク担当の M 君が、自席の PC から業務サーバ₁宛てに ping コマンドを発行したが、応答がなかった。そこで、サーバ担当の R 君がサーバルームに行き、業務サーバ₁の LAN ポートのリンク状態を示すランプを確認したところ、消灯していたので、M 君と対応策について相談した。2人は①障害箇所を三つ想定し、接続を順に変更したところ、ランプが正常動作を表す点滅状態になった。R 君は、サーバルームの PC から業務サーバ₁にアクセスし、サーバが復旧したことを確認した。全社員には、業務サーバ₁が復旧したことと、処理中のデータが消失した場合の対処方法を通知した。しかし、データの復旧を含めて、業務サーバ₁での業務が約 3 時間停止してしまった。

復旧後、R 君と M 君は情報システム部の J 部長に、障害の経過報告を行った。J 部長は、業務システム停止の影響が全社に及んだことから、早急にネットワークシステムを見直さなければならないことを痛感した。また、J 部長は将来を見据えて、インターネットにおける IPv4 アドレスの枯渇に備えて、技術者に IPv6 を体験させて、社内に IPv6 の技術を蓄積しようと考えていた。R 君と M 君は、J 部長の指示に従って、ネットワークシステムの問題点を洗い出し、J 部長の考えを基に対応策を立案することになった。

[ネットワークシステム再構築範囲の検討]

R君とM君は、現状を調査した。今回の障害は、業務システム利用に関連するネットワーク機器が单一構成であったために回避できなかつたので、これらの機器を冗長構成にする対応策を考えた。各サーバにはLANポートが二つ実装されているが、スイッチが单一構成なので、一つだけを使用している。そこで、サーバのLANポートを二つ使用することにして、PCを接続するスイッチからサーバにアクセスする経路（以下、アクセス経路という）を冗長化する。

FWとルータ₁については、経路に障害が発生したとき、配線変更で対処する。

IPv6への第1ステップの取組みとしては、インターネット経由でIPv6端末からもWebサーバを利用できるように、IPv4とIPv6を変換する装置（以下、トランスレータという）を導入することにする。

2人は、これらを対応策としてまとめ、J部長に報告した。対応策がJ部長に承認され、2人は、ネットワークシステム再構築のためのネットワーク基盤の設計を指示された。

[A社におけるネットワーク基盤の設計方法]

A社では、ネットワーク基盤の設計を、方式設計と詳細設計の2段階で行っている。各設計段階の作業概要と設計書の記述項目を、表1に示す。

表1 各設計段階の作業概要と設計書の記述項目

段階	作業概要	設計書の記述項目
方式設計	要件を実現するための、ネットワークの構成、制御方式などを明確にし、実装方法を決定して方式設計書を作成する。	構成、機能、経路制御方法、バックアップ方法、各種情報の設定規則など
詳細設計	方式設計で定義された情報を基に、ソフトウェア又は機器を稼働させるために必要な情報を詳述した詳細設計書を作成する。	構成、設置、配線、設定情報、管理表、テストなど

[WebサーバのIPv6対応策の方式設計と詳細設計]

R君とM君は、トランスレータについて調査した。調査結果は次のとおりである。

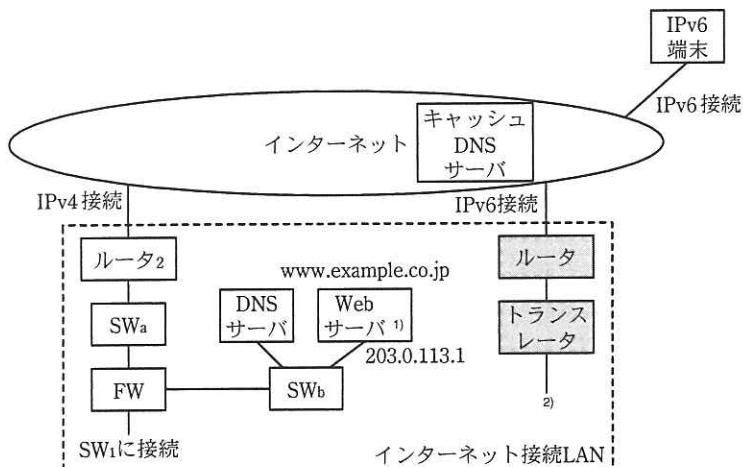
トランスレータは、NATの延長線上の技術である。NATは、□イを変換するのに対し、トランスレータは、IPヘッダを変換し、必要に応じてポート番号も変換

する。

IP ヘッダの変換には様々な処理が必要である。IPv4 ヘッダと IPv6 ヘッダは、それぞれ 20 バイト、a バイトと長さが異なる。IPv6 の IP アドレスはb ビットであり、それによって表せる IP アドレス数は、IPv4 と比較して 2 のc 乗倍である。また、IPv6 には、標準ヘッダの他に、フラグメントヘッダやルーティングヘッダといった、IPv4 にはないウ ヘッダが導入されている。また、IPv4 では、経路中のルータが必要に応じてパケットを分割することができるが、IPv6 では許されていないという違いもある。トランスレータは、これらの違いを吸収して、IPv4 と IPv6 を相互変換している。

IPv6 端末が、トランスレータを介して IPv4 サーバにアクセスする際、サーバの IPv4 アドレスは IPv6 アドレスに対応付けられる必要がある。この IPv6 アドレスは、トランスレータに設定する変換用プレフィックスを基に生成される。トランスレータは、IPv6 端末が IPv4 サーバ宛てに送信したパケットを受信すると、宛先の IPv6 アドレスに変換用プレフィックスが含まれているかどうかをチェックする。変換用プレフィックスが含まれていれば、その IPv6 アドレスから宛先となる IPv4 アドレスを抽出して、IPv4 サーバとの通信を中継する。

2 人は、トランスレータのこれらの機能を基に、Web サーバを IPv6 端末に公開する構成を、図 2 のようにまとめた。



注¹⁾ Web サーバのホスト名は www.example.co.jp、IP アドレスは 203.0.113.1 である。

注²⁾ トランスレータの接続は、設問の関係上、省略している。

注記 網掛け部分は、新規導入機器を示す。

図 2 Web サーバを IPv6 端末に公開する構成

図 2 に示した構成は、DNS サーバに AAAA レコードを追加するだけなので、既設機器の変更が簡単で、Web サーバの稼働にほとんど影響を与えない。

M 君は図 2 の構成を実現するための、Web サーバの IPv6 対応策の方式設計書を作成した。

この方式設計を基に、R 君と M 君は B 社のトランスレータを選定し、B 社の技術者の T 氏に詳細設計を依頼した。数日後、T 氏から、トランスレータの導入までの手順や動作概要が記載された資料が提出された。T 氏から提出された資料を、図 3 に示す。

【トランスレータ導入までの手順】

- (i) ISP に IPv6 接続を申請し、IPv6 のプレフィックスを取得する。

今回の申請で、仮にプレフィックス 2001:db8:1:2::/64 を取得した場合、この中から、2001:db8:1:2:0:ffff:/96 を変換用プレフィックスとする。

- (ii) IPv6 インターネット接続 LAN を構築する。

(以下、省略)

【IPv6 端末からのアクセス手順とトランスレータの動作】

- (i) IPv6 端末のブラウザが、Web サーバへのアクセスを要求する。

- (ii) IPv6 端末のリゾルバが、Web サーバの名前解決を要求する。

リゾルバは、キャッシュ DNS サーバに対し、Web サーバのホスト名である www.example.co.jp の名前解決を要求する。

- (iii) キャッシュ DNS サーバは IPv6 アドレスを取得し、リゾルバに回答する。

- (iv) IPv6 端末のブラウザは、取得した IPv6 アドレス宛てに通信を開始する。

- (v) IPv6 端末が送信した IPv6 パケットを、トランスレータが受信する。

トランスレータは、受信したパケットの宛先 IP アドレスに、それ自身に設定された変換用プレフィックスが含まれていれば、下位 32 ビットに目的の IPv4 アドレス 203.0.113.1 が埋め込まれていると判断し、IPv6 パケットを IPv4 パケットに変換する。

- (vi) トランスレータは、IPv4 に変換したパケットを Web サーバ宛てに送信する。

(以下、省略)

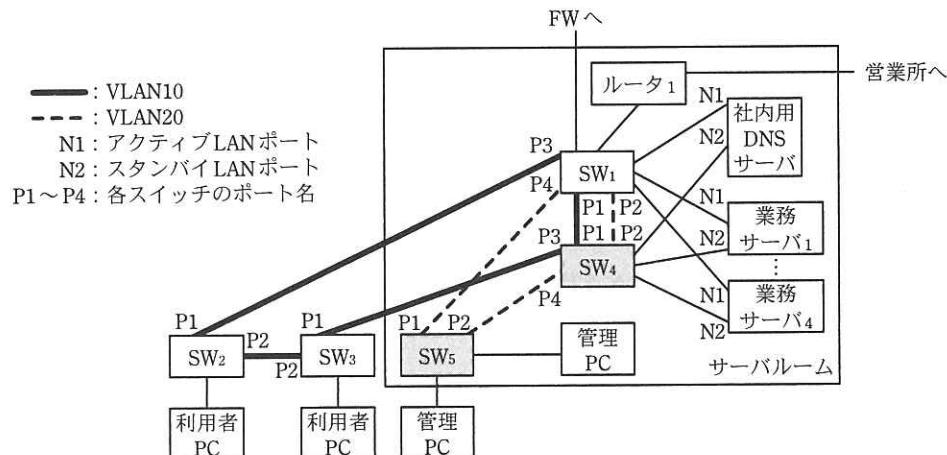
図 3 T 氏から提出された資料（抜粋）

【アクセス経路の冗長化の方式設計と詳細設計】

次に、R 君と M 君は、アクセス経路の冗長化の方式を検討した。設計した構成は、各サーバからスイッチへの接続の二重化とスイッチの二重化による経路の冗長化である。2 人は、図 4 に示すアクセス経路の冗長構成をまとめた。図 4 の構成では、PC の設定や IP アドレス体系の変更を伴わないので、既存環境の変更を最小限に抑えられる。

PC はセキュリティ面から、管理 PC と利用者 PC に分ける。管理 PC は、情報システム部だけが所有し、ネットワークシステムの運用管理に使用される。利用者 PC は、全社員が所有し、各種業務に使用される。PC を使い分けるのに伴い、業務用の LAN と管理用の LAN とを VLAN で分離する。

2人は、図4の冗長構成を実現するための方式設計書を作成した。



注記1 サーバの LAN ポートの二重化では、切換時にスタンバイ側に MAC アドレスが引き継がれる。
注記2 線掛け部分は、新規導入スイッチを示す。

図4 アクセス経路の冗長構成

次に、R君とM君は、図4の構成で要件どおり動作することを検証するために、テスト用サーバ1台とスイッチ5台を調達して、図4の冗長構成のテスト環境を構築した。SW₁～SW₅には、IEEE 802.1Dで規定されているSTP (Spanning Tree Protocol)を設定した。各スイッチに設定したSTP関連の情報を、表2に示す。

表2 各スイッチに設定したSTP関連の情報

設定項目	設定内容	備考
パスコスト	全てのポートに同じ値を設定	
ブリッジID	SW ₁ <SW ₄ <SW ₂ <SW ₃ <SW ₅ となるように設定	SW ₁ がルートブリッジ
ポートID	各スイッチとも、P1<P2<P3<P4となるように設定	P1の優先度が最も高い

テスト用サーバの二つの LAN ポートは、アクティブスタンバイ構成に設定した。

PC からサーバへのアクセステストの構成と結果を、表 3 に示す。

表 3 PC からサーバへのアクセステストの構成と結果

項目番	テストの構成	結果	ブロックされたポート
1	図 4 の構成	○	SW ₃ の P2, SW ₄ の P2, SW ₅ の P2
2	図 4 で、 SW ₁ と SW ₂ の接続なし	○	SW ₄ の P2, SW ₅ の P2
3	図 4 で、 SW ₁ と SW ₅ の接続なし	×	SW ₃ の P2, SW ₄ の P2

表 3 の項目番 2 のテストは、 SW₁ と SW₂ の接続ケーブルを抜いてから、ツリーの再構成が完了するまで、約 1 分間待ってから行った。項目番 3 のテストは、図 4 の構成に戻した後、 SW₁ と SW₅ の接続ケーブルを抜いてから、同様の時間をおいて行ったが、
エ PC から②サーバにアクセスできなくなった。このとき、ブロックされたポートの状態が想定したものと異なっていたので、2人は原因究明に取り組んだ。

STP を調査したところ、今回設定した STP は、ツリーを VLAN ごとに構成できないことが分かった。詳しく調べると、VLAN ごとにツリーを構成するためには、 IEEE 802.1s で規定されている MSTP (Multiple Spanning Tree Protocol) を使うことが必要であった。

MSTP は、複数の VLAN をインスタンスと呼ばれるグループにまとめ、インスタンス単位でスパニングツリーの計算を行う。このとき、インスタンスごとにルートブリッジ及びブロッキングポートが決定され、インスタンス単位にツリーが構成される。図 4 中の SW₁～SW₅ で、VLAN 10 と VLAN 20 にそれぞれ異なるインスタンス番号を割り当て、MSTP を設定する。この MSTP の設定に加え、パスコスト、ブリッジ ID 及びポート ID の値を表 2 の状態のままにすると、表 3 の項目番 3 のテストで問題は発生しないはずである。

以上の検証や調査結果を基に、R 君と M 君は、図 4 の冗長構成のテスト環境に MSTP を設定して動作テストを行い、要件どおりの動作を確認した。そこで、図 4 の冗長構成に MSTP を稼働させることにし、方式設計書を修正した後、詳細設計を行った。

[ネットワークシステムの再構築作業]

R 君と M 君が作成した、再構築後のネットワークシステム構成を、図 5 に示す。

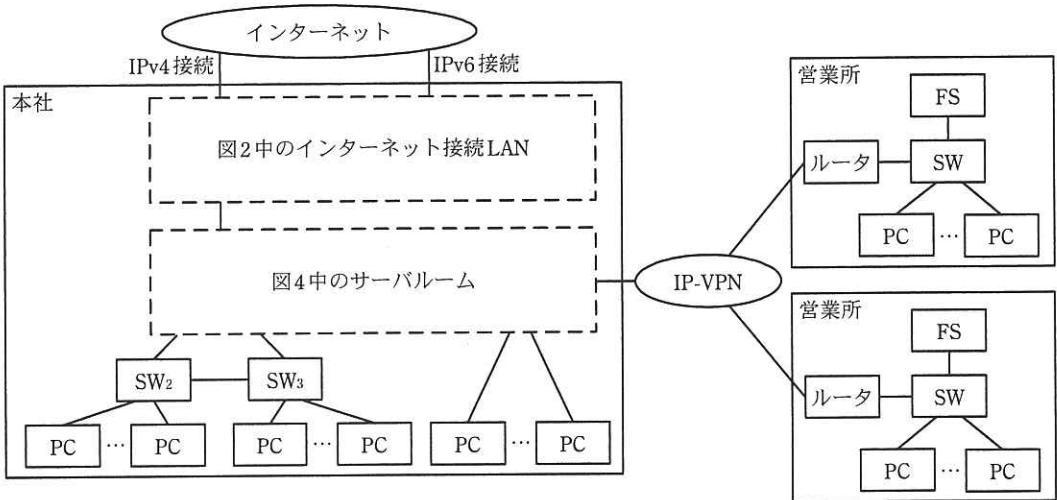


図 5 再構築後のネットワークシステム構成（抜粋）

IPv6 インターネット回線の設置工事は既に完了していたので、Web サーバの IPv6 対応作業を実施した。トランスレータの設置は、B 社に委託した。M 君は、トランスレータの設置作業日を休日に設定し、当日、DNS サーバの設定変更も並行して行った。トランスレータの設置作業と DNS サーバの設定変更作業が完了した後、B 社の技術者が T 氏の指示に従って、B 社内の IPv6 環境からインターネット経由で、A 社の Web サーバにアクセスして動作テストを行った。動作テストは問題なく完了したので、トランスレータを本稼働させた。後日、B 社から、テスト結果の報告書、トランスレータ関連の詳細設計書などが提出された。R 君と M 君は、その内容を検査して問題ないことが確認できたので、J 部長の承認を得てトランスレータ設置作業の検収を完了させた。

次の休日、アクセス経路の冗長構成の導入を行った。M 君は、動作テストで使用した SW₄ と SW₅ をラックの所定の場所に設置した。設置後、既設のスイッチ間の接続ケーブルと SW₁ に接続されているケーブルを抜いてから、各スイッチに必要な情報を設定し、稼働できる状態にした。この後、FW とルータ₁ の設定変更を行い、FW とルータ₁ を SW₁ に接続した。最後に、スイッチ間の結線と PC の接続を行った。作業が完了

した後、PC を使用して営業所の LAN, Web サーバ及びインターネットにアクセスして、スイッチ、FW 及びルータ₁の設定に問題がないことを確認した。M 君は、これらの作業を作業手順書に従って実施した。③作業手順書は、詳細設計書に記述された項目のうち、一部の項目を参照している。

引き続き、R 君は、作業手順書に従って業務サーバと社内用 DNS サーバを停止させ、各サーバの二つの LAN ポートを、アクティブスタンバイ構成にした。作業が完了した後、業務サーバと社内用 DNS サーバを SW₁ と SW₄ に接続し、PC から各業務サーバにアクセスして、サーバの利用に問題がないことを確認した。

この後、R 君と M 君は、新たに用意した管理 PC に必要情報を登録し、営業所の LAN へのアクセスについても問題がないことを確認して、再構築作業を完了させた。

設問 1 本文中の ア ~ エ に入る適切な字句を答えよ。

設問 2 現在のネットワークシステム構成、利用及び障害対応について、(1) ~ (3) に答えよ。

- (1) 業務サーバ以外に、故障によって全社員の各業務システム利用停止を引き起こす可能性がある機器を、図 1 中の名称で全て答えよ。
- (2) 営業所の LAN にアクセスするとき、余計なパケット転送を避けるために、サーバ担当とネットワーク担当が使用する PC には、どのような情報が登録されているか。40 字以内で具体的に述べよ。
- (3) 本文中の下線①で想定した三つの障害箇所を、それぞれ具体的に答えよ。

設問 3 [Web サーバの IPv6 対応策の方式設計と詳細設計] について、(1) ~ (4) に答えよ。

- (1) 本文中の a ~ b c に入る適切な数値を答えよ。
- (2) トランスレータの IPv4 ポートの接続先は、図 2 中の SW_a と SW_b のどちらにすべきかを答えよ。また、その理由を、40 字以内で述べよ。
- (3) 図 3 中に記載した変換用プレフィックスを使用したとき、DNS サーバに追加する AAAA レコードの IPv6 アドレスを答えよ。
- (4) IPv6 端末のリゾルバから名前解決を要求されたキャッシュ DNS サーバが、図 2 中の A 社の DNS サーバで名前解決ができるためには、キャッシュ DNS サーバは、どのようなネットワーク環境に設置されなければならないか。30 字以内で述べよ。

設問 4 [アクセス経路の冗長化の方式設計と詳細設計]について、(1)～(4)に答えよ。

- (1) 表 3 の項番 2 のテストで、ツリーの再構成後、 SW_2 に接続された利用者 PC からサーバ宛てに最初に送信されるフレームが、 SW_2 の P2 から転送されるのはなぜか。その理由を、 SW_2 が保持する情報に着目し、25 字以内で述べよ。ここで、PC の ARP テーブルには、それまでの情報が保持されているものとする。
- (2) 本文中の下線②の状態になったのはなぜか。その理由を、“パケット”，“ SW_1 ”及び“サーバ”という字句を用いて、50 字以内で述べよ。
- (3) 図 4 の構成で、本文中に記述した設定で MSTP を動作させると、二つのポートがブロッキングポートになる。二つのブロッキングポートを、図 4 中のスイッチ名とポート名を用いて、表 3 に記述された形式で答えよ。
- (4) 図 4 の構成で、利用者 PC と管理 PC から業務サーバにアクセスできるようにするためには、業務サーバの LAN ポートと、これらを接続する SW_1 と SW_4 のポートには、どのような機能が必要か。その機能名又は規格名を答えよ。

設問 5 方式設計書と詳細設計書について、(1)～(3)に答えよ。

- (1) トランスレータ導入のための詳細設計に当たって、設置場所、ネットワーク構成及びインターネット接続 LAN の IPv4 アドレスの情報以外に、A 社が B 社に提供すべき情報を、30 字以内で具体的に述べよ。
- (2) 本文中の下線③の詳細設計書に記述された項目の中で、作業手順書で参照されるべき記述項目について、その内容を表 1 を基に三つ挙げ、それぞれ 15 字以内で答えよ。
- (3) 図 4 の構成の方式設計において、サーバがバックアップ経路に切り替えるときの処理方法について、方式設計書に記述されるべき内容を、表 1 を参考に二つ挙げ、それぞれ 35 字以内で述べよ。