

2021年度技術士第二次試験

筆記試験問題・合格答案実例集
[機械部門]

APEC-semi & SUKIYAKI 塾

問題Ⅰ（必須科目）

問題文およびA評価答案例

令和3年度技術士第二次試験問題〔機械部門〕

1 機械部門【必須科目 I】

I 次の2問題（I-1，I-2）のうち1問題を選び解答せよ。（解答問題番号を明記し，答案用紙3枚を用いてまとめよ。）

I-1 経済産業省が2018年12月に発表したデジタルトランスフォーメーション（DX）推進ガイドラインには，DXの定義として「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し，データとデジタル技術を活用して，顧客や社会のニーズを基に，製品やサービス，ビジネスモデルを変革するとともに，業務そのものや，組織，プロセス，企業文化・風土を変革し，競争上の優位性を確立すること。」と謳われている。近年，米中貿易摩擦，英国のEU離脱，保護主義の高まり，さらには新型コロナウイルス感染症の影響を受けて，世界の不確実性が高まっている。このようなビジネス環境の激しい変化に企業が対応し競争力を維持していくためには，既存の枠組に捕らわれずに時代の先を読んで企業を変革していく能力が求められており，そのためのDXへの取組をどのように加速させていくかが我が国製造業の直近の課題となっている。

- (1) このような時代の変革期の中でDXを推進していくに当たり，技術者の立場で機械技術全般に関する多面的な観点から3つの課題を抽出し，それぞれの観点を明記したうえで，課題の内容を示せ。
- (2) 抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ，その課題に対する機械技術者としての複数の解決策を示せ。
- (3) 提案した解決策をすべて実行した結果，得られる成果とその波及効果を分析し，新たに生じる懸念事項への機械技術者としての対応策について述べよ。
- (4) 前問(2)～(3)の業務遂行に当たり，機械技術者としての倫理，社会の持続可能性の観点から必要となる要件・留意点について述べよ。

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	1-1

技術部門	機械
選択科目	材料強度・信頼性
専門とする事項	構造設計・解析

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

世界の不確実性が増す中でダイナミックケイパビリティの獲得が企業に求められている。その1つの手段としてDXを推進して自己変革能力を高めることが挙げられる。以降でDX推進に当たった課題、解決策、その波及効果、業務遂行に当たった倫理要件について記載する。

1. DX推進に当たった3つの課題

DX推進に当たってはオールドレガシーの更新、IT技術者の獲得、情報のデータベース化が課題と考える。

1. 1 オールドレガシーの更新

業務状況をデータ化してリアルタイムで把握し、感知、補足の能力を高める必要がある。そのためにはまず、オールドレガシーを更新してアナログからデジタルにシステムを切り替えることが課題である。

1. 2 IT技術者の獲得

収集したデータを分析、分析したデータを用いて新しいビジネスモデルを実現する自己変容を果たすためのシステム構築が必要となる。そのためにIT技術者の獲得が課題である。

1. 3 データの収集とその活用

データを効率的に収集してそれを活用しなければ、DXは達成できない。そのため、データの収集とその活用が課題となる。

2. 最も重要と考える課題

最も重要と考える課題は、データの収集とその活用

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

である。これは、オールドレガシーの更新、IT技術者の獲得が解決された場合でも、データの収集とその活用が日本として競争力を得られるかどうかの分かれ道となるからである。

本課題に対する解決策を以下に3つ示す。

2. 1 サプライチェーンのデータベース構築

サプライチェーンのデータベース構築することで、市場の需要に合わせて効率的な供給方法を分析することができ、自社の捕捉に必要な情報を効率的に収集できる。

2. 2 エンドユーザとのデータベース構築

エンドユーザのデータベースを構築することで、顧客のW i i iをリアルタイムで把握することができるようになり、市場を予測して効率的な経営方針を定めることができる。

2. 3 設計データのデータベース化

設計データのデータベースを構築することで、過去の設計データやこれから生成される設計データを総合して、より効率的な設計が可能となる。

3. 得られる成果とその波及効果

得られる成果としては、DXに必要な感知、補足、自己変革能力を高めることで、オーディナルケイパビリティを獲得することができる。この波及効果として、サプライチェーン、エンドユーザ、設計のデータの見える化ができ、これらを総合した企業間の連携がより

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

効率的に可能となる。これにより、日本が得意とする
すり合わせの効率化が可能となることで、日本として
競争力を獲得することができると。

新たに生じる懸念事項としては、情報セキュリティ
の面である。コア技術が社外へ漏洩しないような仕組
みづくり、知財権による排他によって、情報セキュリ
ティの強化が必要となる。

4. 業務遂行における機械外術者としての倫理、社会
の持続可能性の観点から必要となる要件・留意点

業務に関連する法規の遵守、持続可能性の観点から、
環境への留意が必要要件となる。膨大な量のデータを
扱うこととなるため、個人情報を取り扱う可能性がある。
この場合、個人情報保護法を遵守する必要がある。
またネットワーク構築に伴い、使用電力量が増加する。
持続可能性の観点から、省エネルギーを踏まえた電力
運用に留意する必要がある。

5. おわりに

DXの推進により、これまで積み上げてきたデータ
はもちろん、これから生成されるデータの整理、分析
を顧客の要求の視点から実施すること、これらをもと
に、ビジネスモデルをより社会の発展に寄与できるよ
う変革することが日本としての技術競争力確保のため、
急務となっている。社会の動向にアンテナを張り、DX
推進のために必要な施策を実践し、日本全体の技術競
争力向上に貢献する所存である。以上。

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号									
問題番号	I - 1								

技術部門		部門
選択科目		
専門とする事項		

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

1. DXを推進していくうえでの課題

(1) デジタル人材の確保

日本ではデジタル人材が慢性的に不足しており、DX推進の妨げとなっている。デジタル人材の確保が急務である。

(2) 全体最適化

サプライチェーン全体を巻き込んで、従来の「個別最適」になりがちな活動を「全体最適化」していくことが必要である。

(3) レガシーシステムからの脱却

サポートが終了したり、中身がブラックボックス化したたりしているのに使用されて続けているシステム（いわゆるレガシーシステム）が改革の足かせになることがある。

2. サプライチェーンの全体最適化について

(1) 中小企業への普及

サプライチェーン全体を改革するためには、大企業だけではなく中小企業までDX化を浸透させる必要がある。しかしながら現状、中小企業にはDX化の動きが浸透していないことがある。このため、大企業の技術者のサポートを得ながら、中小企業にもDX化を浸透させていく。

(2) データの統一

CADデータなどのデータフォーマットが統一されて

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

いないため、DXの改革がうまくいかないケースがある。サプライチェーン内で使用されるデータのフォーマットを可能な限り統一する。

(3) サプライチェーン全体をスマートファクトリ化
他企業や組織にまたがるサプライチェーンをまるで「一つの工場」のように扱いスマートファクトリ化していく。このことで、DX改革の効果をより一層高めていくことができる。

3. 波及効果と懸念事項

(1) 普及効果

① CAD/CAMの効率的な活用

3D図面のデータをもとに、効率的に試作や製造に取り組むことができる。例えば3Dプリンターなどの付加製造設備をラピッドプロトタイピングのために効率的に使用する。

② 共同受注や購買の最適化

共同受注により抱えている仕事量に応じて、新規の受注案件を適正に配分し、安定した生産現場の運営が可能となる。

③ 物流の最適化

効率的な物流の計画・実施が実現できる

④ サプライチェーン全体を一つの工場のように効率よく運用できる

(2) 懸念事項：インシデントがあった場合の生産継続

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

サ	プ	ラ	イ	チ	ェ	ー	ン	に	か	か	わ	る	拠	点	内	で	災	害	な	ど	の	イ	
ン	シ	デ	ン	ト	が	あ	っ	た	際	に	生	産	活	動	を	継	続	す	る	の	が	困	
難	に	な	る	場	合	が	あ	る	。	以	下	の	対	応	を	行	う						
①	在	宅	で	の	設	計	業	務	や	生	産	管	理	業	務	が	で	き	る	よ	う	に	
	す	る																					
②	複	数	の	生	産	拠	点	を	確	保	（	生	産	シ	ス	テ	ム	の	冗	長	化	）	
	す	る	こ	と	で	、	あ	る	拠	点	が	稼	働	で	き	な	く	て	も	生	産	が	
	継	続	で	き	る	よ	う	に	す	る													
③	国	内	外	の	生	産	拠	点	を	遠	隔	で	管	理	す	る	仕	組	み	を	作	る	
4.	倫	理	や	社	会	の	継	続	可	能	性	の	観	点									
(1)	情	報	セ	キ	ュ	リ	テ	ィ	ー	（	秘	密	保	持	の	観	点	）					
	秘	密	保	持	の	観	点	か	ら	D	X	改	革	時	に	は	情	報	セ	キ	ュ	リ	
	テ	ィ	ー	に	十	分	注	意	す	る	。	V	P	N	を	用	い	た	接	続	、	適	
	切	な	ア	ク	セ	ス	権	限	の	設	定	、	パ	ス	ワ	ー	ド	の	運	用	な	ど	を
	実	施	す	る	。																		
(2)	中	小	企	業	に	お	け	る	デ	ジ	タ	ル	人	材	の	継	続	的	な	確	保		
	以	下	に	よ	り	、	中	小	企	業	が	D	X	化	を	継	続	で	き	る	仕	組	
	み	を	確	保	す	る																	
①	産	学	官	が	連	携	し	た	人	材	育	成											
②	小	学	生	な	ど	早	期	か	ら	の	プ	ロ	グ	ラ	ミ	ン	グ	教	育				
③	社	会	人	向	け	教	育	（	大	学	な	ど	の	外	部	リ	ソ	ー	ス	を	活		
	用	）																					
④	外	国	人	技	術	者	の	活	用														

技術部門	機械部門
選択科目	機械設計科目
専門事項	〇〇装置

1. DX推進上の課題																								
DXによる競争優位性を確立するには、不確実性への対応が重要である。私の専門とする〇〇装置を事例として、以下に課題を述べる。〇〇装置は輸出が主流であり、性能維持のために保守が必須である。																								
(1) デジタルツイン(DT)の確立																								
サービスの不確実性対応を観点として、保守頻度を低減させる必要がある。しかし、サービス員の海外派遣が必要であるため、渡航安全面から適時に対応できない問題がある。よって課題は、DT確立による保守頻度の低減である。定期保全から予兆保全に移行する結果、サービスの変革により競争力が向上する。																								
(2) サプライヤー選定の自動化																								
調達の不確実性対応を観点として、調達先の複数化を行う必要がある。しかし、主要部品は調達先が1社だけであるため、納期遅延が散見される。よって課題は、AIによるサプライヤーの自動選定である。品質、納期、コストが最良の調達先を状況に応じて自動選定する。この結果、調達業務変革により競争力が高まる。																								
(3) デジタルデータによる現地製造																								
製造の不確実性対応を観点として、輸出先での現地生産を行う必要がある。しかし、製作仕様や図面などを海外用に変更する時間的余裕がない。よって課題は、デジタルデータによる現地製造である。データから直接部品製作できれば、ドキュメント準備が不要となる。																								

この結果、製造業務の革新により競争力が向上する

2. デジタルツイン（DT）の確立

最重要課題は、DTの確立である。

図1のように、付加価値向上による競争力強化には製品企画とサービスの強化が効果的である。DTを確立して保守サービス向上を図る。以下に解決策を述べる。

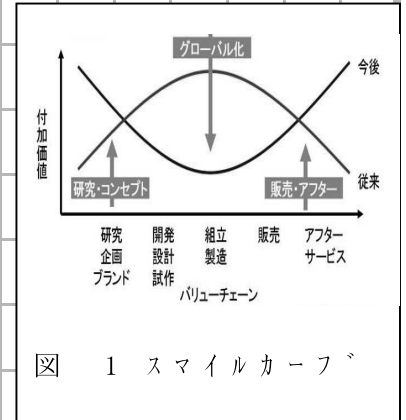


図 1 スマイルカーブ

(1) モジュール設計（MD）の導入

DTでは、シミュレーションと現実データを比較、補完して製品挙動を反映、予測する。DTの正確性を高めるには同一部品での多くのデータ入手が好ましい。解決策は、MDの導入である。単一機能を複数準備して、それらを組み合わせる製品化する。同一モジュールが複数のユーザで使用されるため、より多くのデータ入手が可能となる。この結果、DTの精度が向上する。

(2) 信頼性設計の実施

現実データを計測するセンサー一部が故障すると、DTが機能しなくなる問題点がある。解決策は、信頼性設計の実施である。部品点数の削減や故障耐性の高い部品を使用するとともに、重要な機能には二重化などによる冗長設計を採用する。また、ユーザ側での操作ミスによる故障を防止するフルプルーフ設計も取り入れて信頼性を高める。

3 . D T 確 立 の 成 果 、 波 及 効 果 と 懸 念 事 項 へ の 対 応 策																								
(1) 成 果 と 波 及 効 果																								
M D と 信 頼 性 設 計 に よ り 、 信 頼 性 の あ る D T が 確 立 さ れ る た め 、 サ ー ビ ス 価 値 向 上 に よ る 競 争 力 が 高 ま る 成 果 が 得 ら れ る 。 製 品 の 市 場 シ ェ ア 拡 大 が 期 待 で き る こ と か ら 、 よ り 多 く の D T が 適 用 さ れ る た め 、 さ ら な る サ ー ビ ス 向 上 が 実 現 す る 波 及 効 果 が 期 待 き る 。																								
(2) 懸 念 事 項 と 対 応 策																								
セ ン サ ー 等 の モ ジ ュ ー ル が よ り 多 く の ユ ー ザ に 利 用 さ れ な け れ ば 、 都 度 設 計 が 必 要 と な り 非 効 率 と な る 懸 念 が あ る 。 対 応 策 は 、 品 質 機 能 展 開 (Q F D) の 実 施 で あ る 。 ユ ー ザ ニ ー ズ の 重 要 度 を 数 値 評 価 し て 、 必 要 な 機 能 の 絞 り 込 み を 行 う 。 こ れ に よ り 、 多 く の ユ ー ザ で 利 用 で き る モ ジ ュ ー ル が 設 計 で き る 。																								
4 . 倫 理 、 社 会 持 続 可 能 性 へ の 要 件 、 留 意 点																								
(1) 倫 理 要 件 と 留 意 点																								
D T を 構 築 す る 際 は 、 安 全 を 最 優 先 に 検 討 し な け れ ば な ら な い 。 リ ス ク ア セ ス メ ン ト (R A) を 実 施 し て 許 容 で き る レ ベ ル に リ ス ク 低 減 し て お く 必 要 が あ る 。 R A 実 施 時 は 、 リ ス ク 抽 出 漏 れ が な い よ う に 留 意 す る 。																								
(2) 社 会 の 持 続 可 能 性 の 要 件 と 留 意 点																								
D T を 構 築 す る 際 は 、 環 境 に 配 慮 し た 設 計 を 行 わ な け れ ば な ら な い 。 材 料 削 減 や リ サ イ ク ル 性 を 高 め る 3 R 設 計 を 行 う 必 要 が あ る 。 3 R 設 計 時 は 、 ラ イ フ サ イ ク ル C O 2 を 最 小 化 す る こ と に 留 意 す る 。 以 上																								

(1) DX を推進していくにあたり、以下3つの課題を挙げた。

① 人材の育成

イノベーションを推進するにあたり、機械設計の知識を備えたIoT のスペシャリストは非常に稀有な存在であり、この人材の確保すること。

② 規格・法規制の整備

新技術の適用により、これまでの規格と法規制が陳腐化して廃れてしまうことが考えられる。このため新たに企画・法規制を制定する必要があるが、時間がかかること。

③ 業務方法の大幅な変更

現在の業務方法の大幅な改善が必要になること。予想されることとしては、AI 技術を応用したりモート管理による機械設備の無人化・遠隔管理化が促進されることになると予想されるが、安全管理方法を含めて新しい業務ガイドラインを策定する必要があること。

(2) 抽出した課題のうち最も重要と考える課題

③の業務方法の大幅な変更を最も重要な課題と考える。

まずは安全対策を最優先とする。機械設備をリモート管理とすることによる災害を未然に防止するための施策が必要となるが、各設備には Fail Safe の機構を取り入れる。該当条件を複数用意し、異常を検知した際には設備がトリップするように設定する。

次に設備の無人化により今まで該当の業務をしていた人員に余剰が出るこことがあげられる。余剰となった人員は人間にしかできない付加価値の高い業務を遂行するため配置転換を行い、高度な教育を行い業務の質を高めることとする。

(3) 提案した解決策をすべて実行した結果、得られる成果とその波及効果

設備の自動化による業務の効率化が図られることが得られる一番大きな効果である。設備投資の初期費用は掛かるものの長い目でみれば人件費の削減が可能になるため費用対効果が大きい。余剰となった資金は、再投資をすることが可能となり、生産性をさらに改善させる設備増強や、より高度なシステムへの更新などの対応を取ることが出来るようになる。

(4) 機械技術者としての倫理、社会の持続可能性の観点から必要となる要件・留意点

① 公益の確保

公衆の安全・健康および福利を最優先に考慮した上で、社会・文化及び環境に対する影響を予見し、地球環境の保全など、次世代にわたる社会の持続性の確保に努めることが必要である。

② コンプライアンスの順守

関係法令などの制度が求めている事項を遵守し、社会的地位及び職責を自覚し、倫理的に行動することが必要である。

③ リーダーシップ

業務履行上行う決定に際して、自らの業務及び責任の範囲を明確にし、これらの責任を負うことが必要である。

④ 人材育成

グローバルな視野・技術部門を越えた広い視野で活動できる人材の育成が、持続的な社会を形成する上で必要である。

- I－2 現代では社会や人々の生活に多くの機械製品・設備が深く浸透している。そしてそれらが何らかの要因により故障・破壊すると、その影響が拡大し、社会や人々の生活に甚大な被害をもたらすこともあり得る状況である。したがって、今後の新たな機械製品・設備の設計開発に際しては、公益の確保の観点からも、機械製品・設備の持つ公共への影響を充分考慮して設計しなければならない。このような状況を踏まえ、以下の問いに答えよ。
- (1) 故障・破壊により社会や環境に広範な影響を及ぼすような機械製品・設備を設計する場合、それらの持つ公共への影響を考慮すると、どのような課題を考えておかなければならないか、技術者の立場で機械技術全般に関する多面的な観点から課題を3つ抽出し、それぞれの観点を明記したうえで、課題の内容を示せ。
 - (2) 抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ、その課題に対する機械技術者としての解決策を3つ示せ。
 - (3) 提案した解決策をすべて実行した結果、得られる成果とその波及効果を分析し、新たに生じる懸念事項への機械技術者としての対応策について述べよ。
 - (4) 前問(2)～(3)の業務遂行に当たり、機械技術者としての倫理、社会の持続可能性の観点から必要となる要件・留意点について述べよ。

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	I - 2

技術部門	機械部門
選択科目	機械設計
専門とする事項	鉄道車両用ブレーキシステム

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

(1) 鉄道車両用ブレーキシステムを例としてあげる。

① フェールセーフ設計

ブレーキは、車両、ブレーキ部品の故障等発生した場合でも、安全に停車できるシステムとする課題がある。例として、非常ブレーキをあげる。列車分離や、離線等で電源供給されない場合でも、安全側故障となり、必ず非常ブレーキが動作し、停車できるシステムとしている。

② フォルトトレランス設計

ブレーキ部品に故障が発生した場合、一部の機能を失った状態でも運用可能なシステムとする課題がある。例えば、空気圧縮機はブレーキの動力源である圧縮空気を供給する装置である。故障した場合に、圧縮空気が供給できるよう、冗長性を持たせる。故障時には、圧縮機の稼働率を挙げて自走可能なシステムとする。

③ ロバスト設計

保安装置のブレーキ部品は、信頼性の高い使用環境による外乱の影響により、機能を損なわないようなシステム・製品とする課題がある。鉄道車両の温度、振動、粉塵等の走行環境で安定した機能・性能を満たす設計とすることが重要である。

(2) ロバスト設計を最も重要な課題と考える。

① ②に記載した設計は故障を前提とした設計手法である。ロバスト設計により高い信頼性を確保することが保安装置であるブレーキ部品に必要である。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

・ 課 題 へ の 解 決 策																								
① フ ロ ン ト ロ ー デ ィ ン グ																								
フ ロ ン ト ロ ー デ ィ ン グ に よ り 設 計 初 期 に 品 質 の 作 り 込 み を 実 施 す る こ と で 、 製 造 、 市 場 で の 不 具 合 が 発 生 し な い よ う 対 策 を 行 う 。																								
② コ ン カ レ ン ト ・ エ ン ジ ニ ア リ ン グ																								
設 計 、 製 造 、 保 守 な ど の 関 係 部 門 の 視 点 を 設 計 初 期 に 取 り 入 れ て 設 計 を 実 施 す る 。 後 工 程 で の 検 討 事 項 も 同 時 並 行 的 に 開 発 を 実 施 す る こ と で 、 開 発 プ ロ セ ス の 短 縮 を 図 り 、 品 質 の 作 り 込 み を 実 施 す る こ と が 可 能 で あ る 。																								
③ 3 D プ リ ン タ の 活 用																								
3 D プ リ ン タ を 活 用 す る こ と で 、 短 期 間 且 つ 低 コ ス ト で 試 作 品 を 製 造 で き る 。 実 験 計 画 法 に よ る 多 水 準 の デ ー タ 取 得 に 活 用 で き 、 ロ バ ス ト 設 計 を 短 期 間 且 つ 低 コ ス ト で 実 施 で き る 。 ま た 、 3 D プ リ ン タ の サ ン プ ル を 活 用 す る と 、 組 立 性 の 先 行 確 認 も 行 え 、 ① ② の 対 策 の 価 値 向 上 に も 繋 が る 。																								
(3) 得 ら れ る 成 果 と 波 及 効 果																								
開 発 期 間 の 短 縮 が で き 、 早 期 に 信 頼 性 の 高 い 製 品 を 投 入 す る こ と が で き る 。 波 及 効 果 と し て 、 3 D プ リ ン タ に よ り 多 く の 試 作 機 を 製 作 す る こ と が で き 、 外 乱 に よ り 機 能 が ど の よ う に ば ら つ く か 、 ど の 部 品 の 変 更 が 影 響 す る 等 の 技 術 的 知 見 を 多 く 得 る こ と が で き る 。																								

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

・ 新たに生じる懸念事項への対応策																								
3Dプリンタで多くの試作品を作ることで、管理が煩雑となり、情報の伝達ミス、試作品のバージョン、変更点がわかりにくく出戻りが発生し、非効率となるリスクが生じる。																								
対策として、PDMの活用を提案する。PDMを活用することで、関連部門と設計情報は関連部門の情報を一元管理ができる。図面等のデータもリアルタイムで共有できるため、データ修正時にも関係者で共有することができ、効率的に業務遂行が可能となる。																								
(4)機械技術者としての倫理、社会の持続可能性に必要な要件・留意点																								
労働人口減少による技術伝承を解決する観点から、製品の標準化をあげる。製品を標準化することで、作業の標準化も図ることができ、熟練工の勘・経験に頼った製造、保守が不要となる。標準化を困難とさせる多種多様な要求ニーズに対しては、プラットフォーム設計により、共通部、可変部を必要機能の分析により、定義し、拡張性持たせ対応する。																								
また、部品の材料はリサイクル性の高い素材を選定することも重要である。リサイクル性の高いアルミを使用する場合、強度を必要とする箇所であるかどうか十分検討し採用することに留意する。																								
																								以上

技術士第二次試験 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	I-2

技術部門	機械部門
選択科目	機械設計
専門とする事項	軸受及び伝動要素の設計

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

1	(1) デジタルトランスフォーメーション推進の課題
2	企業がビジネス環境の激しい変化に対応するため
3	はDXが必要である。そのため社会ニーズに対応して
4	いくことがDX推進になると考える。
5	1) 設計課題：部門・企業間のデータ連携
6	国際競争激化、社会ニーズへの素早い対応のために
7	は部門間・企業間のデータ連携が必要であると考える。
8	社会ニーズへの素早いニーズへの対応がDX促進と設
9	計力強化につながる。そのため、部門・企業間のデー
10	タ連携が課題である。
11	2) 製造観点：稼働情報の確認と柔軟なラインの組替
12	素早い社会ニーズへの対応のためには、顧客の必要
13	量に柔軟に対応するため、稼働状態の確認と柔軟なラ
14	インの組替えが必要である。社会のニーズは大量生
15	産・大量消費から多品種少量生産へ移行しつつある。
16	そのため生産設備の稼働状況を確認し、生産性向上を
17	図ることによってDX推進につながる。そのため稼働情報の
18	確認と柔軟なラインの組替えが課題である。
19	3) 使用観点：使用情報のデータ化
20	従来は使用状況の確認は顧客の聞き取りか現品から
21	推定するしかなかった。しかし、製品から直接データ
22	を取得することによって、使用条件が明確化し、DX
23	推進につながる。そのため使用情報のデータ化が課題
24	である。
25	(2) 最も重要と考える課題：設計観点：部門・企業間

技術士第二次試験模擬答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

5 1	達 が シ ー ル 型 ・ 保 持 器 型 の 見 積 も り を 実 施 、 製 造 が 研
5 2	削 砥 石 を 成 型 す る た め の ド レ ッ サ ー の 見 積 も り と 工 程
5 3	設 計 を 進 め る 。 部 門 間 の 情 報 共 有 を デ ー タ に て や り 取
5 4	り す る た め 、 D X が 推 進 さ れ る 。
5 5	<u>(3) 成 果 と 波 及 効 果 : 開 発 期 間 短 縮</u>
5 6	部 門 ・ 企 業 間 の デ ー タ 連 携 が ス ム ー ズ に 行 わ れ 、 設
5 7	計 力 強 化 に よ っ て 、 後 工 程 に お け る 手 戻 り が 減 り 開 発
5 8	期 間 短 縮 に つ な が る 。
5 9	懸 念 事 項 1 : 図 面 変 更 や 部 品 変 更 の 際 に 、 間 違 っ た デ
6 0	ー タ が 共 有 さ れ る 可 能 性 が あ る 。
6 1	対 策 : P L M 展 開 前 に 部 門 内 で 審 査 承 認 さ れ る よ う に す
6 2	る 。 ま た 、 設 計 変 更 の 際 に 変 更 箇 所 ・ 変 更 理 由 な ど デ
6 3	ー タ の 履 歴 を 残 す こ と に よ っ て 、 変 更 箇 所 が 簡 単 に 確
6 4	認 で き る よ う に す る 。
6 5	<u>(4) 業 務 遂 行 に お け る 要 件 ・ 留 意 点</u>
6 6	<u>倫 理</u> : 公 衆 の 安 全 ・ 健 康 ・ 福 利 を 最 優 先 と す る 。 価 格
6 7	や 開 発 納 期 が 厳 し く て も 、 製 品 が 通 常 想 定 さ れ る 寿
6 8	命 ・ 機 能 を 満 足 し な い 製 品 を 設 計 し な い 。
6 9	<u>留 意 点</u> : 過 去 ト ラ ブ ル や F M E A デ ー タ を 伝 承 し 、 同 じ
7 0	失 敗 や 不 具 合 を 繰 り 返 さ な い よ う に す る 。
7 1	<u>社 会 の 持 続 可 能 性</u> : 環 境 保 全 に 努 め 、 資 源 循 環 や 脱 炭
7 2	素 に 向 け た 開 発 を 推 進 す る 。
7 3	<u>留 意 点</u> : 相 互 に ト レ ー ド オ フ の 関 係 で あ る た め 、 L C A
7 4	に よ り ど ち ら が 環 境 負 荷 が 少 な い か 確 認 す る 。 以 上 。

技術士第二次試験 APEC-Semi 模擬答案用紙

受験番号		技術部門	機械部門	※
問題番号	R 3 I-2	選択科目	材料強度・信頼性	
		専門とする事項	設計、構造解析	

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

私は浄水場で使用される設備の設計開発業務に従事している。浄水場の設備は故障・破壊すると水道水の水質が悪化し、場合によっては給水停止となる可能性がある。その際の人々の生活への影響は大きい。このような状況の発生を避けるために設備設計時に考慮すべき考えを以下に述べる。

1) 機械製品・設備の設計する際の課題

社会や環境に広範な影響を及ぼす設備として、浄水場の設備を設計する際の課題を以下に述べる。

① 災害に耐えられる強度の確保

設備が故障、破壊する状況として地震や台風などの災害によるものがある。通常時に問題ないことはもちろん、災害時の荷重にも耐えられる強度の確保が求められる。正確な荷重の見積もりが課題となる。

② 点検、メンテナンス方法の妥当性の確保

設備の故障・破壊を防止するためには日頃のメンテナンスが必要となる。設計時に故障が発生しやすい応力集中部などを把握しておき、点検、メンテナンスができるようにしておくことで設備故障により社会に影響を与えないようにする。

③ 故障時の被害軽減策の立案

万が一、故障が発生した場合にも、社会への影響を小さくする対策の立案が求められる。そのためには、代替設備の用意などにより、給水停止などの社会への影響を最小限にする対策を検討する必要がある。

●裏面は使用しないで下さい。

●裏面に記載された解答は無効とします。

24字×25字

技術士第二次試験 APEC-Semi 模擬答案用紙

受験番号		技術部門	機械部門	※
問題番号	R 3 I-2	選択科目	材料強度・信頼性	
		専門とする事項	設計、構造解析	

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

2) 重要課題と解決策

上記の課題の中から①災害に耐えられる強度の確保が最も重要と考えた。故障や破壊を防止するためには、設計段階で災害に耐えられる設計にすることが必要であり、地震や台風によって発生する荷重の正確な見積もりが課題となる。以下にその解決策を述べる。

① デザインレビュー (DR) の導入

構想段階や設計の途中段階で複数の関係者を集めDRを実施する。これにより、設計者の力量に依らず、信頼性の高い設計ができる。また、別の機会に専門家にヒアリングすることで多角的な意見を取り入れることができる。

② 過去の事故事例の蓄積

過去の事故事例や被害の大きさを蓄積することで、災害時に発生した荷重を推定することができる。これにより、災害発生時に破壊しない設備設計ができる。

③ 解析と強度試験の実施

設計時は解析を繰り返し、災害発生時も破壊が起きない設計にする。最終的に設計したものが、想定通りの強度が得られているか強度試験を行う。これにより、信頼性が高い設計が得られる。

3) 得られる成果、波及効果、懸念点

得られる成果：上記の解決策を実施することにより、機械の故障・破壊の発生率は減少し公共への影響を最小限にできる。

●裏面は使用しないで下さい。

●裏面に記載された解答は無効とします。

24字×25字

技術士第二次試験 APEC-Semi 模擬答案用紙

受験番号		技術部門	機械部門	※
問題番号	R 3 I-2	選択科目	材料強度・信頼性	
		専門とする事項	設計、構造解析	

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

波及効果：過去の事故事例の蓄積により、他の設備についても設計の最適化ができる。過剰品質の設備については設計を最適化することによりコストダウンが図れる。その分浮いたコストを老朽化した設備の補修費に回すことで、より安定した水道水の給水に繋げることが出来る。

懸念点：上記の解決策である DR や強度試験の導入により設計工数の増加に繋がる懸念がある。対策としてコンカレントエンジニアリングの導入がある。設計段階から製造方法や部材の調達方法を検討することで全体工数を削減する。

4) 要件・留意点

倫理：留意点として DR の形式化がある。複数の関係者を集めることにより、特定の参加者しか議論に参加しないようになってしまうことで DR が形式化する懸念がある。要件として、参加者に対し過去に発生した事故事例や被害の大きさなどを教育することで、参加者全員が開発製品の故障・破壊を未然に防ぐという倫理観を高めることがある。

持続可能性：留意点として持続的に故障・破壊が起きづらい設備を設計できるようにすることがある。要件として、設計根拠などをデータベース化することがある。また、データベース化した技術を実際の設計に生かすために、定期的に教育会で設計者に紹介するなどして技術を広めることも重要となる。

●裏面は使用しないで下さい。

●裏面に記載された解答は無効とします。

24字×25字

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号							
問題番号	I - 2						

技術部門	機械部門
選択科目	流体力学
専門とする事項	流体機器

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

(1)

課題①：リコール対応の効率化・最小化
 機器のリコールの必要性が発覚した際には、機器利用者の安全を確保し、機器による被害を広げないことを念頭に置く。この観点から、リコールへ迅速に、効率的に対応し、その影響を最小とする体制を整える必要がある。

課題②：フェールセーフな設計
 機器が故障しても、利用者が怪我をしないことを考える。この観点から、機器の設計時にフェールセーフを検討する。例えば、圧力容器を持つ機器の場合、故障時に圧力が開放されるように、ノーマルオープン弁を取り付ける。

課題③：リサイクル性の確保
 機器故障及び廃棄時の利用者の負担軽減を考える。この観点から、廃棄取扱のコストがかさむような特殊な材料を使用せず、リサイクル可能で廃棄しやすい材料を使用すべきである。

(2)

最も重要な課題：リコールは社会へ与える影響が大きい一方で、完全に防ぐことが難しい。この観点から、その影響を最小にすることは重要である。

解決策①：フロントローディング

解決策②：部品の共通化

各ラインナップの各機器を構成する部品を共通化する。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

取り扱う部品種が少なくなることで、部品の信頼性を保証しやすくなる。この結果、リコールが発生しにくくなる。

解決策③：機器のI o T化

機器故障時の情報や運転履歴をネットワークを介して監視・管理する。これにより、迅速に故障を確認し、その原因特定が用意になる。この結果、リコール発生時の対応が迅速になる。

(3)

成果：リコール対応のコスト減少

リコールが発生しにくくなること、発生したリコールに素早く対処することで被害が拡大しないことにより、リコール対応にかかるコストが減少する。

波及効果：共通化によるコスト削減

解決策②により、多種多様な部品にかかる、管理費や品質保証コストが下がる。また、購入口ット増によるコスト減も見込める。

懸念事項：サプライヤー一本化による部品価格高騰

解決策②の実行時に、サプライヤーを一本化してしまおうと、サプライヤーによる価格決定優位性が生まれてしまおう。この結果、価格が高騰し、コスト削減効果を見込めない状況になる。

対応策：複数サプライヤーの確保

複数サプライヤーから共通部品を購入する。これにより、

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

上記懸念を払拭できるだけでなく、サプライチェーンの強靱化にもつながる。

(4)

技術者としての倫理：公益の確保を考える。解決策により、リコールを発生しにくくすること、リコール発生時に迅速に対応することは使用者の安全を守ることであり、公益の確保につながる。

社会の持続可能性：SDGsの12：つくる責任つかう責任に鑑み、課題③について検討する。製品廃棄時まで検討し、リサイクル性を追求することで持続可能な社会に貢献する。

令和 年度 技術士第二次試験 答案用紙

受験番号	
問題番号	I-2

技術部門	部門
選択科目	
専門とする事項	

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

(1) 公共設備設計する場合、考慮しておく課題

① 安全の確保
 公共の設備であるので、安全対策は必須であると考える。リスクアセスメントを徹底し、安全確保する。

② 環境負荷を考慮したシステム作り
 設備が停止している時は、電源供給を停止する省エネルギー回路を盛り込み、環境負荷低減を図る。

③ 誰もが容易に使える設備作り
 世の中には、様々な人種、小さい子からお年寄りまで存在する。その誰もが容易に使える設備でないと公共の設備とは言えない。

(2) 抽出した課題の解決策

抽出した課題：安全の確保
 公共の設備であるので、安全を最優先に解決策を立案する。

① リスクアセスメント実施によるリスク低減
 ・リスクの洗い出し：機械に関連する全ての危険源を洗い出す。
 ・リスクの見積り：負傷、疾病の重篤度と発生の可能性を見積もる。
 ・リスク評価を行う。
 ・危険源の除去や安全柵を設置し、安全対策を行う。

② FMEAを活用した設備トラブルの未然防止
 ・信頼性ブロック図を作成し、システムを整理する。
 ・システムの故障モードを書き出す。

●裏面は使用しないで下さい。

●裏面に記載された解答は無効とします。

24字×25字

令和 年度 技術士第二次試験 答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

・	シ	ス	テ	ム	の	故	障	モ	ー	ド	の	発	生	原	因	を	書	き	出	す	。				
・	シ	ス	テ	ム	へ	の	影	響	を	評	価	し	、	評	価	の	高	い	物	か	ら	改	善	、	
予	防	策	を	考	え	る	。																		
③	使	用	上	の	注	意	事	項	の	明	示														
・	取	り	扱	い	説	明	書	な	ど	で	、	使	用	上	の	注	意	事	項	を	明	記	す		
る	。																								
・	危	険	部	位	に	は	、	危	険	を	知	ら	せ	る	ス	テ	ッ	カ	ー	な	ど	を	貼		
る	。																								
(3)	解	決	策	に	よ	る	成	果	と	波	及	効	果	、	新	た	に	生	じ	る	懸	念			
事	項	と	対	応	策																				
①	得	ら	れ	る	成	果	と	波	及	効	果														
・	本	質	的	な	安	全	設	計	に	近	づ	く													
・	安	全	柵	設	置	す	る	こ	と	で	、	安	全	が	図	れ	る	。							
・	F	M	E	A	を	実	施	す	る	こ	と	で	、	知	識	向	上	が	図	れ	る	。			
②	新	た	に	生	じ	る	懸	念	事	項	へ	の	対	応	策										
・	F	M	E	A	を	実	施	す	る	場	合	は	、	工	数	増	を	防	ぐ	為	、	類	似	の	
資	料	を	参	考	に	す	る	。	更	に	、	質	の	向	上	を	図	る	た	め	、	有	識		
者	を	参	画	さ	せ	る	。																		
・	D	R	を	実	施	す	る	場	合	は	、	事	前	に	検	討	資	料	を	送	付	す	る		
な	ど	、	効	率	よ	く	実	施	す	る	。														
(4)	技	術	者	と	し	て	必	要	と	な	る	要	件	・	留	意	店								
・	リ	デ	ュ	ー	ス	：	省	エ	ネ	ル	ギ	ー	な	ア	ク	チ	ュ	エ	ー	タ	選	定	を		
す	る	(電	動	化	な	ど)																	
・	リ	ユ	ー	ス	：	部	品	の	長	寿	命	化	を	図	り	、	再	利	用	可	能	と	す		
る	。																								

(1) 故障・破壊により社会や環境に広範な影響を及ぼす機械製品・設備を設計する場合の3つの課題とその観点および内容

A) 故障・破壊の種類抽出と故障・破壊に至った場合の危害の大きさの評価

対象とする機械製品・設備において、それが故障・破壊に至った場合に、社会や環境に広範な影響を及ぼす故障・破壊の種類（ハザード）をすべて漏れなく抽出する必要がある。また、各々の故障・破壊が社会や環境に及ぼす影響の大きさを定量的に評価する必要がある。

B) 適正なフォールトアボイダンス、フォールトトレランスの確保

想定した故障・破壊によって、社会や環境に及ぼすリスクを許容レベル以下に抑えるため、(1)A)で評価した各々の故障・破壊による社会や環境への影響の大きさに応じて、その発生確率や故障・発生時の挙動を適正なレベルに収める必要がある。

C) ヒューマンエラーによる故障・破壊の回避

対象とする機械製品・設備を運用・操作するにあたって、ヒューマンエラーによって社会や環境に広範な影響を及ぼすような故障や破壊を発生させないための取組みが必要となる。そのためには、ヒューマンエラーを起こしにくい操作システムと

ヒューマンエラーを起こしても重大な影響を及ぼさないフルプルーフの設計が必要となる。

(2)a)最も重要と考える課題

(1)B)に述べたフォールトアボイダンスとフォールトレランスの確保

b)(1)B)の課題に対する3つの技術的提案

b-1)フォールトアボイダンスの確保

故障・破壊によって社会や環境に及ぼす影響のリスクを許容レベル以下に抑えるため、その影響の大きさに応じて故障・破壊の確率を適正なレベルに抑える必要がある。

b-2)フォールトレランスの確保

故障・破壊の確率をゼロにすることは基本的に不可能なので、故障・破壊が発生した場合でも、最低限の機能を維持し、影響を可能な限り低減するため、冗長性やフェイルセーフなどのフォールトレランスの機能などを織り込む必要がある。

b-3)適正な保全の運用

IoT技術により、対象とする機械製品・設備の状態をリアルタイムに把握し、故障・破壊が発生した場合でも迅速に復旧できる事後保全を可能とする。また、適正な間隔で定期保全を実施するとともに、IoTシステムによって得られたデータをもとに予知保全を実施することにより、致命的な故障・破壊に至る前の対応能力を向上する。

(3)①(2)b)の技術的提案の波及効果

社会や環境に及ぼす影響の大きさに応じた信頼性確保などの処置を行うので、開発資源の適正な投資配分が可能となり、かつ、ライフサイクルコストを可能な限り低減できる。

②(2)b)の技術的提案によって新たに生じる懸念事項への対応策

(2)c)の提案は、その多くの部分をIoTシステムやデータ分析のためのDXシステムに依存しているため、それらのシステムに異常が生じた場合の影響は極めて大きい。

従って、これらのIoTシステムやDXシステムの構築や運用にあたっては、単一のシステムに依存することなく、システムをハイブリッド化・冗長化するとともに、人の判断や確認を介在させる。

(4)i)倫理の観点からの要件・留意点

コスト低減や機能向上の達成を担当者のみに要求することにより、安全性確保への対応が後回しにならないよう、安全性最優先の取組みを会社方針として関係者全員に周知する。

ii)社会の持続性の観点からの要件・留意点

対象とする機械製品・設備の故障・破壊の影響に関する検討をその顧客や使用期間内に限定することなく、社会全体かつ生産から廃棄に至るすべての期間において実施する。(ライフサイクルアセスメント) 以上

(1) 故障・破壊により社会に影響を及ぼす機械製品・設備を設計する際の課題

- ① 直接的な影響という観点から、故障・破壊が人命に関わる大惨事とならない設計にするという課題がある。
- ② 間接的な影響という観点から、故障・破壊した時に代わりがなく、停止期間が長引くことで不利益が継続することを避けるという課題がある。
- ③ 環境保護の観点から、持続的発展が困難となる設計をしてはいけないという課題がある。

(2) 最も重要と考える課題と解決策

人命に関わる①を最も重要な課題と考える。以下に3つの解決策を示す。

解決策1

故障・破壊が起こるという事を前提とした設計とする。例えば、故障したとしても、人命まで関わるような壊れ方をしない設計とする。

解決策2

故障・破壊が想定した使用範囲では全く起こらない設計とする。そのために、安全率を通常より更に高めに設計する。

解決策3

故障・破壊する前に、適切な検査を実施し、設備保全で故障・破壊を食い止めるという考えも重要な解決策の一つである。

(3) 解決策を実行した結果、得られる成果と波及効果および新たに生じる懸念事項への対応策

得られる成果と波及効果

今でも、尊い命が奪われるという事象は日々発生しているが、そういった惨劇が無くなり、人々が安全で安心して豊かな暮らしを送れるようになる。

新たに生じる懸念事項への対応策

100%想定した通りの結果にならない可能性があるという懸念事項がある。例えば、想定外の使用範囲によって故障や破壊が起こることもあり得る。解決策1から3をすべて実行する前提ではあるが、それぞれの解決策を越えた故障や破壊に対しても、相互に補い合えるような一歩踏み込んだ解決策を行う対応を設計段階で取るべきである。

(4) 業務遂行に当たり必要となる要件・留意点

公益の確保や環境保全という考え方を常に意識して業務遂行に当たることが非常に重要である。

問題文とA評価答案例

(選択科目)

～01-1 機械設計～

令和3年度技術士第二次試験問題〔機械部門〕

1-1 機械設計【選択科目Ⅱ】

Ⅱ 次の2問題（Ⅱ-1，Ⅱ-2）について解答せよ。（問題ごとに答案用紙を替えること。）

Ⅱ-1 次の4設問（Ⅱ-1-1～Ⅱ-1-4）のうち1設問を選び解答せよ。（緑色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙1枚にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 非破壊試験の方法を2つ挙げ，それぞれの原理，特徴及び主に適用可能な対象について述べよ。

Ⅱ-1-2 回転する軸を支える機械要素として，すべり軸受の特徴と使用上の留意点を，転がり軸受と対比して説明せよ。

Ⅱ-1-3 以下に示す金属表面処理の中から2つを選び，その原理と特徴についてそれぞれ述べ，製品例を示せ。

電気めっき，化学めっき，真空めっき，溶射，陽極酸化被膜

Ⅱ-1-4 以下に示す熱可塑性プラスチックの中から3つを選び，その特徴と用途例についてそれぞれ述べよ。

ABS樹脂（ABS），ポリアミド（PA），ポリカーボネート（PC），ポリエチレン（PE），ポリエチレンテレフタレート（PET），メタクリル樹脂（PMMA），ポリプロピレン（PP），ポリ塩化ビニル（PVC）

技術士第二次試験 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	Ⅱ-1-1

技術部門	機械部門
選択科目	機械設計
専門とする事項	軸受及び伝動要素の設計

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

1	① 磁粉探傷法
2	原理：軸に赤などのインクを付けたり塗布したりして、
3	表面傷に溶液を浸透させる。その後表面に粉をかける
4	と、傷内部の溶液が毛細管現象により表面に広がり、
5	傷が発見しやすくなる。
6	提要範囲：表面に傷がある場合は発見できるが内部の
7	傷は発見できない。評価試験後のシャフトなどで確認
8	する。
9	② 超音波探傷法
10	原理：探触子を材料に密着し、探触子で発生した超音
11	波が内部亀裂で反射して、反射した超音波を素子で検
12	出する。
13	特徴：探触子に対し平行な傷は検出しやすいが縦方向
14	の傷は検出しにくいいため、いろいろな角度から確認す
15	る。
16	適用範囲：材料に探触子が密着できれば内部欠陥を発
17	見できる。以上。
18	
19	

II - 1 - 1

技術部門	機械部門
選択科目	機械設計科目
専門事項	〇〇装置

1 . 非破壊試験について																								
非破壊試験は、製品を直接検査することから信頼性確保に適した試験方法である。代表的な試験は以下の4種類である。																								
・超音波探傷試験（UT）																								
・磁粉探傷試験（MT）																								
・放射線探傷試験（RT）																								
・浸透探傷試験（PT）																								
私の専門である〇〇装置で多用されるRTとPTについて説明する。																								
2 . RTの原理、特徴、適用対象																								
（1）原理：放射線を検査部に照射して、写真撮影を行い、欠陥を判断する																								
（2）特徴：内部欠陥が精度良く検出できる。比較的厚肉の材料でも検出できる																								
（3）適用対象：溶接部のボイドなどの内部欠陥の検査に適用される。																								
3 . PTの原理、特徴、適用対象																								
（1）原理：製品の表面欠陥部にスプレーを噴霧・浸透させ、欠陥部を現像液で着色させる。																								
（2）特徴：表面欠陥のみ検出できる。スプレー準備だけで良いため手軽に検査できる。																								
（3）適用対象：疲労により生じた表面の割れなど現場での確認に多用される。以上																								

Ⅱ－1－1

(1) 非破壊試験の方法

例として (A) 浸透探傷試験法及び (B) レントゲン検査(RT)を挙げる。

(2) それぞれの特徴

(A) 浸透探傷試験法とは、赤色の浸透液と白色の現像液を使用して、微小な欠陥及び傷を発見するための技術である。

- ① まず検査する対象の表面を洗浄液を使用して異物や汚れが無いように清掃
- ② 赤色の浸透液を表面に塗布ししばらく待機する。これは欠陥や傷などがあった際にその部分に液を十分回り込ませて浸透させるためである。
- ③ 一定時間置いたのち、表面の浸透液をふき取り、続いて白色の現像液を塗布する。
- ④ 欠陥や傷があった場合、②で浸透していた浸透液が現像液に抽出され、その部分を赤く染色する。

おもに金属表面や溶接した箇所に適用することが出来る。

(B) レントゲン検査とはX線を使用して、内部の状態を観察する技術である。

- ① 対象物の観察したい箇所の前面にX線用フィルムを設置する
- ② 反対側からX線を照射しフィルムへ内部状態を転写する。
- ③ 欠陥や空孔などがある場合は、フィルムにそのサインが転写される。

主に金属の溶接部などの内部の施工後の健全性確認に使用する多い。欠点としては、X線を使用するため、検査区域は被爆することの無いように厳重に立ち入り禁止区画として安全を確実に担保する必要がある。(533字)

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	II - 1 - 3

技術部門	機械部門
選択科目	機械設計
専門とする事項	鉄道車両用ブレーキシステム

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

①	電	気	め	っ	き																				
電	気	め	っ	き	は	耐	食	性	の	低	い	金	属	材	料	の	表	面	に	亜	鉛	等	の		
更	に	イ	オ	ン	化	傾	向	の	低	い	金	属	の	層	を	形	成	さ	せ	る	表	面	処		
理	で	あ	る	。	表	面	処	理	の	層	を	犠	牲	的	に	反	応	さ	せ	母	材	金	属		
の	腐	食	を	抑	制	す	る	目	的	で	行	う	。												
ボ	ル	ト	を	例	に	と	る	。	強	度	上	、	焼	付	き	防	止	な	ど	の	理	由	で		
ス	テ	ン	レ	ス	が	使	用	で	き	な	い	場	合	、	S	S	4	0	0	、	S	C	M	を	
に	使	用	す	る	。	耐	食	性	向	上	の	た	め	、	亜	鉛	め	っ	き	を	実	施	し		
て	い	る	。	ま	た	、	S	S	4	0	0	の	ボ	ル	ト	は	磁	性	が	あ	り	、	生	産	
イ	ン	の	自	動	化	（	磁	力	を	利	用	）	の	目	的	で	使	用	す	る	こ	と	も		
あ	る	。	そ	の	場	合	も	腐	食	対	策	と	し	て	電	気	め	っ	き	を	施	す	。		
②	陽	極	酸	化	皮	膜																			
ア	ル	ミ	ニ	ウ	ム	の	耐	食	性	、	耐	摩	耗	性	向	上	を	目	的	と	し	て	、		
表	面	に	固	く	安	定	し	た	ア	ル	ミ	ナ	の	層	を	形	成	さ	せ	る	表	面	処		
理	で	あ	る	。																					
圧	縮	機	な	ど	の	高	温	で	摺	動	す	る	よ	う	な	部	品	に	使	用	す	る	場		
合	、	高	い	耐	食	性	、	耐	摩	耗	性	が	要	求	さ	れ	る	た	め	、	ア	ル	ミ		
ニ	ウ	ム	を	使	用	す	る	場	合	、	陽	極	酸	化	皮	膜	処	理	を	実	施	し	て		
使	用	す	る	。																					
た	だ	し	、	陽	極	酸	化	皮	膜	処	理	は	、	表	面	に	多	孔	質	の	空	孔	が		
存	在	す	る	。	空	孔	部	は	ア	ル	ミ	ナ	層	が	薄	く	、	耐	食	性	が	低	い		
と	い	っ	た	欠	点	が	あ	る	。	そ	の	た	め	、	空	孔	を	埋	め	る	封	孔	処		
理	を	行	い	、	空	孔	に	よ	る	欠	点	を	改	善	し	て	使	用	す	る	必	要	が		
あ	る	こ	と	に	留	意	す	る	。																
																							以		
																							上		

Ⅱ－２ 次の２設問（Ⅱ－２－１，Ⅱ－２－２）のうち１設問を選び解答せよ。（青色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙２枚を用いてまとめよ。）

Ⅱ－２－１ 設計初期段階で構造解析などシミュレーションを繰返し実施し，製品の機能に合わせた過不足のない最適形状を実現する最適設計は重要である。あなたは新製品開発のリーダーとして機械構造物の最適設計を行い，要求された機能を満たす製品の設計をまとめることになった。業務を進めるに当たって，下記の問いに答えよ。

- (1) 開発製品を具体的に１つ示し，形状最適化を行うに当たって調査，検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) 最適設計を進める手順について，留意すべき点，工夫を要する点を含めて述べよ。
- (3) 業務を効率的，効果的に進めるための関係者との調整方策について述べよ。

Ⅱ－２－２ 一般に機械製品には稼働中に温度の上昇する部位があり，冷却や熱変形を考慮した熱・温度設計を行うことが必要となる。あなたは製品開発のリーダーとして，熱・温度変化を考慮しつつ要求された機能を満たす製品の設計をまとめることになった。業務を進めるに当たって，下記の問いに答えよ。

- (1) 開発する機械製品を具体的に１つ示し，熱・温度設計を行う際に，調査，検討すべき事項を３つ挙げその内容について説明せよ。
- (2) 上記調査，検討すべき事項の１つについて，留意すべき点，工夫を要する点を含めて業務を進める手順を述べよ。
- (3) 機械製品の設計担当者として，業務を効率的，効果的に進めるための関係者との調整方策について述べよ。

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	II - 2 - 1

技術部門	機械部門
選択科目	機械設計
専門とする事項	鉄道車両用ブレーキシステム

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

(1) 鉄道車両用空気圧縮機の吊枠をあげる。

吊枠は車体に直接取付ける構造体で、吊枠内部には圧縮機等の機能部品が搭載されている。

・形状最適化を行う際の調査・検討事項

① 溶接箇所

溶接箇所の調査・検討が重要である。溶接箇所が多いと歪み発生の要因となり、製作精度低下、工数増加のリスクがある。また入熱過多となり溶接部の強度低下を招くリスクもある。溶接位置、点数、溶接種類を事前に十分検討することが重要である。

② 共振点

走行時の車体からの振動、吊枠に搭載する圧縮機自身が動作による振動を受ける。それらの加振周波数の近くに共振点を持つと、振動の増幅、吊枠の損傷のリスクがある。

③ 使用環境

車体から加振力、衝撃力を検討し、それらに耐えうる強度を有する構造とする必要がある。また、屋外環境で使用されるため、耐食性を考慮する必要がある。

(2) 最適設計を進める手順の留意点と工夫を要する点

① VE

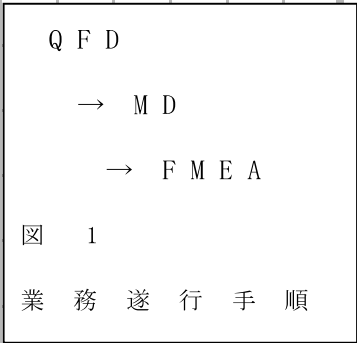
安定した品質となるよう製造部門と製作性を重視したVEを実施し、品質安定化及び低コスト化を図る。

溶接箇所低減のため、折曲げ加工で製作可能な形状とし、溶接により生じる品質低下を低減し、工数増加を

II - 2 - 1

技術部門	機械部門
選択科目	機械設計科目
専門事項	〇〇装置

1 . 〇〇装置の形状最適化での調査、検討事項																								
私の専門である〇〇装置での形状最適化設計を事例とする。〇〇装置は総重量100トンを超えるため、シミュレーション(CAE)による最適化設計が有効である。																								
(1) 調査事項																								
・対象部品：形状最適化を行う対象部品を調査する																								
・効果：重量やコスト低減の予想効果を調査する																								
・スケジュール：市場で要求される納期を調査する																								
(2) 検討事項																								
上記調査事項を踏まえ、手戻りのない効率的な開発設計手法を検討する。																								
2 . 最適設計を進める手順と留意点、工夫点																								
図1に業務遂行手順を示す。各手順の留意点、工夫点を以下に述べる。																								
(1) 品質機能展開(QFD)の実施																								
開発初期にQFDを実施する。QFDとは、ユーザニーズの重要度を数値評価して開発すべき機能の優先度を決める手法である。QFDにより、要求機能を明確化して最適設計を行う条件を決める。潜在ニーズも評価するよう留意する。〇〇装置のQFD実施時はユーザ要求だけでなく、営業や保守部門の意見を集約して評価する工夫をしている。																								
(2) モジュール設計(MD)の実施																								
設計段階でMDを実施する。MDとは、単一機能を持																								



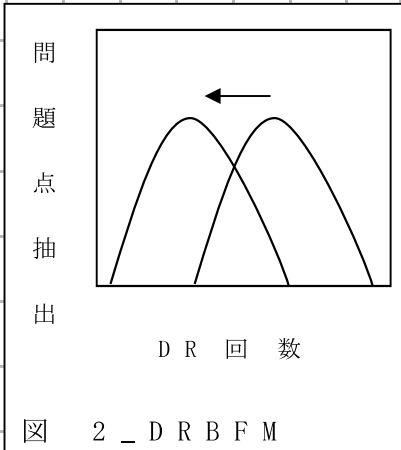
つモジュールを数種類準備し、それを組み合わせで製品化する設計手法である。モジュールの取合い仕様を決めておくことで同時並行して各モジュールの最適設計を行う。MD実施時はモジュール仕様が過剰にならないように数種類のモジュールを準備するよう留意する。〇〇装置ではMDによる量産化とカスタム設計を両立するマスカスタマイゼーションを導入している。

(3) 故障モード影響解析 (FMEA) の実施

新設計部の不具合未然防止のためにFMEAを行う。FMEAとは、部品の故障モードを抽出し、それがシステム全体に与える影響度を数値評価して、対策の優先度付けを行う手法である。故障モード抽出漏れがないよう留意する。〇〇装置ではPDMから過去のFMEA結果を参照して抽出漏れを防ぐ工夫をしている。

3. 業務遂行のための調整方策

上述した業務遂行の各段階では設計審査(DR)を実施して問題点抽出と対策を協議する。しかし、多くの関係者の参加が必要であるDRは頻繁に開催できない。そこで、調整方策としてDRBFMを実施する。DRBFMとは、設計の変更点や心配点に焦点を当て、FMEA結果を示してDRする手法である。図2のように、開発初期での問題点抽出ができるため、効果的、効率的なDRが実施できる。以上



技術士第二次試験 模擬答案用紙

受験番号	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> </div>
問題番号	II-2-2

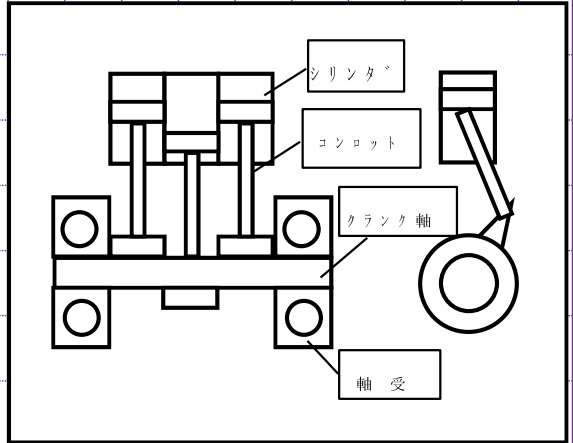
技術部門	機械部門
選択科目	機械設計
専門とする事項	軸受及び伝動要素の設計

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

1 (1-1) 熱・温度を考慮した製品の設計

2 エンジンクランク軸用深溝玉軸受を例に挙げる。概
 3 要を図1に示す。シリンダ内
 4 での爆発力をコンロットを介
 5 してクランク軸を支持し、ク
 6 ランク軸を深溝玉軸受で支持
 7 する構造である。



8 (1-2) 調査・検討すべき事項

9 1) 軸受にかかる荷重

10 軸受に荷重がかかると軸受の内部隙間が弾性変形に
 11 より膨張する。

12 2) はめ合いと材質

13 通常回転輪をはめ合う。はめ合わない場合すべりが
 14 発生し、異常発熱や軸摩耗の原因となる。軸回転の場
 15 合は内輪をはめ合うが、はめ合いが大きいと軸受の内
 16 部隙間が詰まってしまい、内部応力が発生してしまう。
 17 そうなると短寿命となる。

18 同様に、軸受とはめ合い材との熱膨張により軸受の内
 19 部隙間が詰まってしまう場合がある。例えば軸受鋼と
 20 鋳鉄のケースが場合は、温度上昇の際、線膨脹係数の
 21 差分、はめ合いが強まり、軸受内部隙間が詰まって応
 22 力が発生してしまう。

23 3) 軸方向の固定方法

24 熱が上がると軸が軸方向に膨張する。その際軸受の
 25 軸方向が固定されていると内部に応力が発生してしま

技術士第二次試験模擬答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

26 い 短 寿 命 と な る

27 重 要 課 題 : 2 は め 合 い と 材 質

28 軸 受 の 内 部 隙 間 が 詰 ま る と 内 部 に 応 力 が 発 生 し 、 短 寿

29 命 と な る た め 。

30 手 順 : は め あ い → 材 質 の 確 認 → 温 度 の 確 認 → 内 部 隙 間

31 検 討 で 実 施 す る 。

32 留 意 点 : 内 部 隙 間 が マ イ ナ ス と な る 場 合 は は め 合 い を

33 変 更 す る か 、 軸 受 内 部 隙 間 を 大 き く 設 定 し 、 内 部 応 力

34 が 入 ら な い よ う に す る 。

35 関 係 者 と の 調 整 方 策 : 内 部 す き ま に 関 係 す る 条 件 は 、

36 は め 合 い 、 荷 重 、 温 度 、 軸 受 隙 間 と 複 数 あ る 。 そ の た

37 め 、 顧 客 へ は そ れ ぞ れ の 条 件 を 整 理 の 上 、 最 悪 、 中 央 、

38 最 良 の 条 件 を そ れ ぞ れ 計 算 し 、 わ か り や す く 提 示 す る 。

39 対 策 は 最 悪 条 件 が 基 準 を 満 足 し て い る か 、 実 績 品 同 等

40 以 上 を 確 保 し て い る か 確 認 し 、 提 案 す る 。 以 上 。

II-2-2

(1) 開発する機械製品として高圧ボイラー給水ポンプの設計を考える。

調査・検討すべき事項は以下3つを挙げる。

- ① 制御室にて遠隔モニターが必要な箇所・個数の検討。
- ② 高温となる箇所の冷却方法の検討と冷却媒体の調査及び付加設備配置検討
- ③ 熱伸びを考慮した、駆動機とポンプのカップリングアライメントの検討

①について、ある一定以上の温度になった際に本来要求されている機能が果たせなくなるパーツが存在する。

例えばポンプシャフトの軸受けが挙げられる。通常は温度監視用にセンサーを取り付ける。これは、一定の温度に保っているか監視し、許容値以上となった際にポンプそのものを緊急停止するためのものであるが、このセンサーの位置及び故障を見据えた個数を検討する必要がある。

②については、通常冷却水を使用することが一般的な方法ではあるが、地域によっては設計要求を満たす十分な量の冷却水を確保することが困難な場合がある。この際には入手性を考慮した冷却媒体の調査と選定が必要になる。

③については、高温・高回転の運転状態において駆動機とポンプのカップリングの軸芯がアライメントされている必要がある。カップリング材質を考慮した熱伸びをシミュレーションし、施工する際に常温でのコールドアライメント値を決定する必要がある。

(2) ②の冷却方法の決定について業務を進める手順を考える。

まず実際にこのポンプを設置するユーザーが入手できるユーティリティーを調査する。冷却方式としては通常の工業用水を使用する水冷とするのか、海水を使用するのか、空冷にするのか、によって要求を満たす熱交換量のためのユーティリティー使用量が決まる。次に並行して、要求の熱交換量を満たすための設備サイズを検討し、準備可能な敷地内での配置検討を行う。一般的に空気の方が比熱が小さいため、水冷式に比較し空冷式の方が設備サイズが大きくなる。これらを考慮の上、ユーザーの要求を踏まえて冷却方式を決定する。冷却装置と本体のポンプの冷却部は設備配管にて接合する必要があるが、この経路についてはできるだけ最短距離として材料の物量が最小限となるように検討するが、設備周りの他設備との兼ね合いで決定する。特に、ユーザーが運転をする際に操作する必要のあるバルブや計器へのアクセス性を考慮し配置を決定する。アクセス性、運転性及び設備同士の干渉の有無を確認するためには3D CADを使用することで設計検証が非常に容易になる。

(3) 業務を効率的、効果的に進めるための関係者との調整方法

まず設計の開始の前に、設計の進捗に応じた設計審査の計画を設定する。また、設計審査のためのアウトプットとしては機能・性能・安全性・操作性・生産性・コスト・納期とし、各々の開発目標を各

部門責任者にて協議決定する。この設定に基づき開発・設計を進めていき設計の各段階で顧客要求事項及び品質特性の見地から妥当であるかの評価や問題点の抽出を関連する部門の参画者で行う。

また設計検証として、規定の要求事項が満たされているかどうかの確認は行われる必要がある。さらにユーザーが仕様書で提示する要求では表現しにくい、使い勝手や利便性などを満たしているかどうか設計の妥当性確認を定期的に行っていく。

これらはできる限りユーザーを含めて会議を招集し、後戻りの設計変更ができるだけ少なくなるように留意して進める必要がある。

1-1 機械設計【選択科目Ⅲ】

Ⅲ 次の2問題（Ⅲ-1、Ⅲ-2）のうち1問題を選び解答せよ。（赤色の答案用紙に解答問題番号を明記し、答案用紙3枚を用いてまとめよ。）

Ⅲ-1 製造現場では、少子高齢化により生産年齢人口が減少する課題に対して、IoT（Internet of Things：モノのインターネット）、AI（Artificial Intelligence：人工知能）に代表されるデジタル技術を活用して、設備状態監視、生産品質管理、異常検知、故障予測などを行い、現場に人がいなくても自動化された設備により生産性を維持、向上できるスマート工場化が進められている。

- (1) 自動化された設備を開発する技術者の立場で、具体的な事例を挙げて、多面的な観点から3つ課題を抽出し、それぞれの観点を明記したうえで、課題の内容を示せ。
- (2) 抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ、その課題に対する複数の解決策を示せ。
- (3) すべての解決策を実行しても新たに生じうるリスクとそれへの対策について、専門技術を踏まえた考えを示せ。

Ⅲ-2 労働力人口や企業の経営資源の減少に伴い、機械製品のコンポーネントをすべて内製するのではなく、その一部を外製することは一般的になってきている。特に新しい分野の製品を開発するに当たっては、自社のリソースでは対応が難しいコンポーネントを外製化し、外部の専門企業が持つ高い知見や技術力を自社のために活用できるのは大きなメリットとなる。

- (1) 新しく開発する機械製品を具体的に1つ示し、その設計を担当する技術者の立場で、一部のコンポーネントを外製する場合の課題を多面的な観点から3つ抽出し、それぞれの観点を明記したうえで、課題の内容を示せ。
- (2) 抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ、その課題に対する複数の解決策を示せ。
- (3) すべての解決策を実行しても新たに生じうるリスクとそれへの対応策について、専門技術を踏まえた考えを示せ。

技術士第二次試験 模擬答案用紙

受験番号	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> </div>
問題番号	Ⅲ-2

技術部門	機械部門
選択科目	機械設計
専門とする事項	軸受及び伝動要素の設計

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

1	(1) コンポーネントの一部を外製化する際の課題	
2	電気自動車为例に上げる。従来のエンジンとガソリ	
3	ンに対し、モーター、バッテリーを外製とする。	
4	1) 安全性課題：感電、発火の対策	
5	電気自動車(EV)ではバッテリーを使用するため、感	
6	電や漏電する可能性がある。そのため車体でも感電し	
7	ないよう対策する必要がある。また、事故で電池	
8	に衝撃が加わり破損した場合、発火の可能性がある。	
9	発火は従来のガソリン車でも引火の可能性はあるが、	
10	発生形態が異なるため別途対策が必要である。	
11	2) 機能性課題：性能確保、重量増加、航続距離の確保	
12	EVでモーターとバッテリー搭載で重量が重くなる	
13	が、従来車と同等性能か確認する必要がある。またバ	
14	ッテリーはガソリンに対しエネルギー密度が低く、搭	
15	載スペースの確保が必要になる。Maasなど使われ方	
16	の変更もあるが、従来の使われ方がなくなるわけでは	
17	ないため、ガソリン車と同等の性能・航続距離確保が	
18	必要である。	
19	3) 環境性課題：リサイクル性向上	
20	EVでは新たにモーターとバッテリーが使用されレ	
21	アメタルを使用している。モーターでは磁石としてネ	
22	オジウムとジスプロシウム、バッテリーではリチウムを	
23	使用する。従来ガソリン車ではガソリンとエンジンに	
24	対し、レアアースが増加しているため、廃車の際に確	
25	実に回収しリサイクルする仕組みづくりが課題である。	

●裏面は使用しないで下さい。

●裏面に記載された解答は無効とします。

24字×25字

技術士第二次試験模擬答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

26	(2) 最も重要と考える課題：機能性課題
27	理由：使われ方の変化はあるものの、従来と同様の使
28	い方も継続すると考えられ、同性能が必要なため
29	解決策1：オープンイノベーション(OI)
30	全固体電池などの開発が進んでいるが、ガソリン車
31	に対しては航続距離が不足している。国際競争激化の
32	中で、市場ニーズに対し開発期間がかかる場合には、
33	OIでは外製メーカーだけでなく、他社、大学、国と
34	も連携して開発する必要がある。OIにより協力し、
35	期間の短縮化を図ることでバッテリー性能を確保する。
36	解決策2：標準化、規格化
37	高性能品を低価格で得るには標準化が必要である。
38	外製の協力企業は海外製の場合もある。海外のモータ
39	ーやバッテリー使用の際には標準化が必要となる。
40	自社技術が優位な場合は国際標準化推進し、既に国際
41	規格が推進している場合には、積極的に規格品を採用
42	する。それらにより高性能で低価格な外製品を使用す
43	る。
44	解決策3 モジュール化
45	電池、モーター、タイヤまでの駆動でモジュール化
46	し、車両サイズに合わせて最適に組み合わせることで
47	性能確保と低コスト化を両立する。車体も容量に合わ
48	せて組み替えることで、小型車には必要最低能力、大
49	型車には大型大能力で搭載する。
50	(3) リスクと対応策

技術士第二次試験模擬答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

5 1	リ	ス	ク	は		0	I		や	規	格	化	す	る	際	に	企	業	間	連	携	が	ス	ム	ー	ズ	
5 2	に	行	か	な	い	可	能	性	が	あ	る	。															
5 3	<u>対</u>	<u>応</u>	<u>策</u>	<u>①</u>	:	企	業	間	で	P	D	M	を	実	施	し	、	他	社	の	図	面	や	進			
5 4	捗	状	況	を	確	認	し	て	、	必	要	性	能	、	進	捗	確	認	を	実	施	す	る	。			
5 5	そ	れ	に	よ	り	企	業	間	の	情	報	共	有	を	円	滑	に	行	う	。							
5 6	<u>留</u>	<u>意</u>	<u>点</u>	<u>①</u>	:	企	業	間	で	協	力	開	発	す	る	た	め	情	報	漏	洩	の	リ	ス			
5 7	ク	が	あ	る	。	そ	の	た	め	資	料	共	有	の	場	合	は	ア	ク	セ	ス	権	と	パ			
5 8	ス	ワ	ー	ド	を	設	定	し	、	閲	覧	は	で	き	る	が	コ	ピ	ー	や	印	刷	は	不			
5 9	可	と	す	る	。																						
6 0	<u>対</u>	<u>応</u>	<u>策</u>	<u>②</u>	:	企	業	間	デ	ザ	イ	ン	レ	ビ	ュ	ー	(D	R)	を	実	施	す	る	。	
6 1	各	企	業	の	調	達	、	設	計	、	製	造	、	検	査	の	代	表	が	集	ま	り	、	各			
6 2	工	程	で	の	問	題	点	を	洗	い	出	す	こ	と	で	、	企	業	間	連	携	が	ス	ム			
6 3	ー	ズ	に	い	く	よ	う	に	す	る	。																
6 4	<u>留</u>	<u>意</u>	<u>点</u>	<u>②</u>	-	1	:	企	業	間	で	利	害	が	相	反	す	る	場	合	、	第	3	者	機		
6 5	関	に	入	っ	て	も	ら	い	、	利	害	を	調	整	す	る	。										
6 6	<u>留</u>	<u>意</u>	<u>点</u>	<u>②</u>	-	2	:	両	社	で	最	低	限	必	要	な	性	能	を	洗	い	出	し	、	両		
6 7	社	で	確	認	し	て	お	く	。	さ	ら	に	、	利	害	が	相	反	す	る	部	分	に	つ			
6 8	い	て	は	重	要	度	別	に	重	み	づ	け	を	実	施	し	、	優	先	順	位	を	明	確			
6 9	に	す	る	。	重	み	づ	け	に	つ	い	て	は	両	社	で	合	意	を	取	り	進	め	る	。		
7 0	以	上	。																								
7 1																											
7 2																											
7 3																											
7 4																											

Ⅲ-2

(1) 新しく開発する機械製品の例として天然ガスと水蒸気を反応させ水素を生成する加熱式反応器を取り上げる。加熱式反応器は簡単に説明すると次のような構成となっている。

- ・ 触媒を充填する反応管
- ・ 反応管を加熱するバーナー
- ・ 1000 度を超える炉内から金属躯体を保護するための耐火材
- ・ 炉内のガスを排出するための排気設備
- ・ 付帯の配管・計装機器設備

コンポーネントを外製する際の課題を以下のように3点あげる。

① 品質の管理

要求する品質に適合する製品を製作するため、信頼性の高い方法で品質管理を実行すること。

② 製作の工程管理

決められた納期で最終製品である加熱式反応器をエンドユーザーに納める必要があることから、外製のコンポーネントを期限通りに製作しシステムへ組み込むこと。

③ 発注先の選定

複数ある専門業者からどの業者を発注先として選定するか、最終仕向け地や該当のコンポーネントを受領後に工場組みなのか現地組なのかにより外製先の所在地も含めて選定先のポイントとなる。

(2) 抽出した課題のうち最も重要と考える課題と複数の解決策

最も重要と考えたのは①の品質である。

一つ目の解決策として、要求される機能を得るために品質計画をまず事前に立案する。この品質計画の中には検査要領書も盛り込むものとし、どのタイミングで誰が検査に立ち会うのかも定義しておく。重要な製作工程はホールドポイントとし、第三者の検査員の立会無しでは進めないことにし重点的に確認を行う。また検査の項目も事前に定義しておき、合格の基準値・クライテリアも定めておく。このように要領に従った検査を厳格に行うことが必要である。

二つ目に、検査記録の確実な作成を挙げる。一つ目に挙げた検査要領に従って実施した検査も、検査項目を記録として残し検査証明として残しておく必要がある。そのために、発注者として残したいデータ及び報告書フォーマットを定義し、記録させることを契約に盛り込む。後からから追跡調査が可能であることが必要になる。

三つ目に材料の識別管理である。各コンポーネントはどういった材料を使用しているか、材料インゴット、熱処理のヒートナンバー、検査記録の情報を紐付けて管理する必要がある。材料の取り違えなどは絶対に起こらないように材料そのものに刻印を打ち、ナンバリングして管理するなどが求められる。

(3) 新たに生じるリスクとそれへの対応策

まずプラント運転状態によるプラント構成コンポーネントへの影響が考えられる。要求仕様は運転条件を定めた上で決定するが、工事完了引き渡し後にクライアントによる故意・過失を問わず条件を逸脱したパラメータでの運転がコンポーネントへダメージを与えることが大いに考えられる。このように条件を逸脱した制御ができないようにするロジックを中央制御装置に構築することにより長期間の誤運転を防げるものとする。

また、運転を長期間行った際のコンポーネントの物理的な劣化が考えられる。プラント運転中は、特に加熱炉内は立ち入ることが不可能であり、炉内の状態を探ることが困難である。通常、プラントは定修工事など運転停止期間が設けられているので、この際に必ず内部点検を実施し内部コンポーネントの健全性を確認することが必要である。この際には、劣化や問題が発生していることを見据えて予備品を準備しておくことと、耐火材などの消費期限のあるものについては定修期間に合わせて調達し準備しておくことが重要となる。

問題文とA評価答案例

(選択科目)

～01-2 材料強度・信頼性～

令和3年度技術士第二次試験問題〔機械部門〕

1-2 材料強度・信頼性【選択科目Ⅱ】

Ⅱ 次の2問題（Ⅱ-1，Ⅱ-2）について解答せよ。（問題ごとに答案用紙を替えること。）

Ⅱ-1 次の4設問（Ⅱ-1-1～Ⅱ-1-4）のうち1設問を選び解答せよ。（緑色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙1枚にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 長繊維の一方向強化材（プリプレグ）を積層して製造した炭素繊維強化プラスチック（CFRP）積層板を構造強度部材に利用する場合，材料強度・信頼性の観点から留意すべき点を2つ挙げてアルミニウム合金との比較として説明せよ。

Ⅱ-1-2 単軸応力状態にある一様断面部材を想定する。この部材の設計パラメータは強度 R と荷重 L の2つであり，破損は荷重が強度を超えたときに生じるものとする。強度と荷重にはばらつきがあり統計学的には正規分布に従うとして，この部材の破損確率の求め方を述べよ。また逆に荷重と破損確率の目標値が与えられたとき，必要な強度を簡易な式を用いて決定することが行われているが，そのような設計式の考え方について述べよ。

Ⅱ-1-3 熱応力の発生メカニズムを説明せよ。熱応力に対する強度設計上留意すべき点を2つ挙げ説明し，その対策を述べよ。

Ⅱ-1-4 溶接部で発生する応力腐食割れの要因を3つ挙げ，それぞれの要因と防止策について説明せよ。

熱応力の発生メカニズム

拘束がない状態で物体が温度変化を受けると熱膨張や収縮によって熱ひずみが発生する。この熱ひずみが、外部あるいは内部的な拘束によって自由に生じることができない場合に、弾性ひずみが発生させ、それによって熱応力が発生する。一般に、物体の高温部には圧縮応力、低温部には引張応力が生じることが多い。

熱応力に対する強度設計上留意すべき点とその対策

①熱疲労

熱収縮を繰り返すことによって、熱疲労が発生し破断に至ることがある。収縮回数を抑えるために、温度変化の少ない、極力安定した温度設計を目指すことや収縮量を小さくすることが対策として挙げられる。

②クリープ破壊

熱応力が掛かった状態が継続すると、クリープ破壊に至ることがある。それを回避するために、温度を下げるような設計にするなどの対策を取る必要がある。

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	XXXXXXXXXX	技術部門	機械部門	※
問題番号	R 3 II - 1 - 4	選択科目	材料強度・信頼性	
		専門とする事項	設計、構造解析	

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

	材料が腐食環境下にある状態で応力が発生すると割れが発生する現象を応力腐食割れという。それぞれの要因と対策について以下に述べる。
①	<u>応力</u>
	外力により発生する応力や溶接などの残留応力が発生すると応力腐食割れが起こる。発生応力に対しては、形状変更などで応力低減が図れる。残留応力に対しては、ショットピーニングや熱拡散処理などにより残留応力の低減が図れる。
②	<u>材料</u>
	材料によつて、応力腐食割れを起こしやすいものと起こしにくいものがあるため、起こしにくいものへの変更で対策できる。ステンレスの場合、SUS304などのオーステナイト系ステンレスは起こしやすい。一方で、フェライト系ステンレスは起こしにくい。また、オーステナイト系でも低炭素鋼のSUS316Lは起こしにくい。
③	<u>環境</u>
	応力腐食割れは腐食環境下で起きるため、腐食環境を除外することによって対策となる。しかし、製品設計時は環境を変更することが難しいことが多いため、上記の応力低減、材料変更で対策する。
	応力腐食割れは上記の3条件が揃ったときに発生するため、どれか一つを除外することによって応力腐食割れを防ぐことができる。
	以上

●裏面は使用しないで下さい。

●裏面に記載された解答は無効とします。

24字×25字

Ⅱ－２ 次の２設問（Ⅱ－２－１，Ⅱ－２－２）のうち１設問を選び解答せよ。（青色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙２枚を用いてまとめよ。）

Ⅱ－２－１ 近年，大規模な自然災害や感染症の流行，治安上の問題などの要因で，原材料や部品など中間財のサプライチェーン寸断の事例が増えている。サプライチェーン強靱化の対策の１つとして，既存の機械製品において，規格品や標準品の構造要素・部品の採用を進めることとなった。技術責任者として，材料強度・信頼性の観点で以下の内容について記述せよ。

- (1) 調査・検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) 業務を進める手順を列挙して，それぞれの項目ごとに留意すべき点，工夫を要する点を述べよ。
- (3) 業務を効率的，効果的に進めるための関係者との調整方策について述べよ。

Ⅱ－２－２ 機械設備では，その供用期間中に劣化が生じる。設備の保全部門の技術責任者として，当該設備を経済的に継続使用する方法について検討することとなった。具体例を想定して，下記の内容について記述せよ。

- (1) 設備の劣化に対して，材料強度・信頼性の観点から調査，検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) 設備の経済的な継続使用に関する検討業務を進める上で，留意すべき点，工夫すべき点を述べよ。
- (3) 上記の業務のそれぞれを効率的，効果的に進めるための関係者との調整方策について述べよ。

(1) 調査・検討すべき事項と内容

規格品や標準品の構造要素・部品の採用を進めるに当たり、まず市場に出回っている部品をリストアップすることが必要である。また、必要な強度を事前に検討しておく。そして、それぞれの部品の基本的な強度が、その必要な強度条件を満足するかを逐次見ていく必要がある。サプライチェーンの観点から、その部品の流通の融通性が高いかを見極めておくことも重要である。

(2) 業務を進める手順と留意すべき点、工夫を要する点

①市場品のリストアップ

現在の市場に出回る部品のみでなく、開発品も含めた幅広い視野からの調査が必要である。固定観念に捕らわれると見落とす可能性がある。

②強度検討

リストアップした部品点数は相当な数になると思われるので、それぞれの部品のウィークポイントをしっかりと見極めておく必要がある。また、部品点数が多いので、マトリクス化して評価を手際よく行う工夫も必要である。

③部品の流通性の検討

自社の購買部門へのヒヤリングのみではなく、その他のチャンネルも幅広く活用した方が良い。

(3) 業務を効率的に進めるための関係者との調整方策

これまでの流通システムを変えるという点から、購買部門や経営層などへの根拠を示した丁寧な説明と折衝が特に重要となる。

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	R3 II-2-2

技術部門	機械部門
選択科目	材料強度・信頼性
専門とする事項	設計、構造解析

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

1) 調査、検討すべき事項		
<p>経済的に継続使用する設備として図1のような浄水場の沈殿池で使用される。掻寄せ機を想定する。掻寄せ機とは、浄水場の沈殿池で使用される池の底に沈殿した汚泥を池の端のピットまで掻き寄せる設備である。当設備を継続使用する際に検討すべき事項を以下に述べる。</p>		
① 点検方法の検討		
<p>掻寄せ機は水中で使用するため、腐食による部材の劣化が懸念される。そのため、継続使用できるかを判断するため、事前に点検箇所や点検方法について検討する必要がある。その際、点検にかかる時間を予測し、点検スケジュールを立てる。</p>		
② 運転、メンテナンス履歴の確認		<p>図1 汚泥掻寄せ機概要</p>
<p>運転履歴や補修履歴を確認することで、どの部位の損傷が大きいか予測できる。その際、浄水場がある地域で発生した地震などの災害の発生履歴を調べる。これにより、破損発見時の原因分析に生かせる。</p>		
③ 部材の劣化具合の調査		
<p>部材の腐食具合などを目視や非破壊検査で調査すること、継続的に使用できるか判断する。車輪の軸受けの摩耗量や羽根のたわみ量を測定すること、余寿命を推定することが可能。また、駆動時の動きを確認すること、異常を見逃さないようにする。</p>		

●裏面は使用しないで下さい。

●裏面に記載された解答は無効とします。

24字×25字

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	XXXXXXXXXX	技術部門	機械部門	※
問題番号	R3 II-2-2	選択科目	材料強度・信頼性	
		専門とする事項	設計、構造解析	

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

<u>2) 留意すべき点、工夫すべき点</u>																								
留意すべき点①：点検箇所には漏れがないよう事前に関																								
係者を集めて検討を行う。また、設備の運転管理を行																								
っている浄水場管理者にも事前にヒアリングすること																								
で、設備の状態を把握することができると。																								
留意すべき点②：浄水場によって水質や水温が異なる																								
ことに留意する。調査対象の浄水場がどのような水質、																								
水温か事前に把握する必要がある。																								
<u>工夫すべき点</u> ：事前に検査箇所を模したサンプルで検																								
査方法を確認する。これにより当日の検査時間の短縮																								
に繋がる。																								
<u>3) 関係者との調整方策</u>																								
<u>浄水場</u> ：浄水場の管理者に事前に調査目的を説明する																								
必要がある。搔寄せ機の調査では池の水を抜く必要が																								
ありすぐには調査ができないため、早めにスケジュー																								
ルを相談する必要がある。																								
<u>設計者</u> ：事前に設計者にヒアリングすること、設計																								
者視点から検査が必要な箇所を取り入れることができ、																								
点検箇所の漏れを防げる。また、設計時に注意した点																								
や破損が予測される箇所を聞くことができる。																								
<u>検査機器メーカー</u> ：事前に検査機器メーカーに検査方法を																								
相談することでより良い検査方法が得られる可能性が																								
ある。経済的に継続使用するためには、検査工数の削減																								
が必要であるため検査機器メーカーへのヒアリングは																								
重要である。																								
																								以上

●裏面は使用しないで下さい。

●裏面に記載された解答は無効とします。

24字×25字

令和3年度技術士第二次試験問題〔機械部門〕

1-2 材料強度・信頼性【選択科目Ⅲ】

Ⅲ 次の2問題（Ⅲ-1，Ⅲ-2）のうち1問題を選び解答せよ。（赤色の答案用紙に解答問題番号を明記し，答案用紙3枚を用いてまとめよ。）

Ⅲ-1 近年の数値計算技術の発達を背景として，機械構造物の開発では開発試験の一部を数値シミュレーション（解析）で置き換えることによって，強度や信頼性を維持しつつ開発コストと期間を低減する試みが行われている。

- （1）具体的な機械構造物，あるいは部品・機械要素などを想定して，開発試験の一部を数値シミュレーションで置き換える場合の課題を，技術者としての立場で多面的な観点から3つ抽出し分析せよ。
- （2）抽出した課題のうち，材料強度・信頼性分野において最も重要と考える課題を1つ挙げ，その課題に対する複数の解決策を示せ。
- （3）前問（2）で提示したすべての解決策を実行して生じる波及効果と専門技術を踏まえた懸念事項への対応策を示せ。

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	XXXXXXXXXX
問題番号	R3 III-1

技術部門	機械部門
選択科目	材料強度・信頼性
専門とする事項	設計、構造解析

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

1) 数値シミュレーション(解析)にする際の課題																								
開発試験の一部を解析に置き換える際																								
の具体的な機械構造物として、図. I のよ															うな薬品貯水用のポリエチレン(PE)製タンクを想定する。当タンクは、従来はチタン製であったが、太陽光や外気による内容液の温度上昇が問題となっていた。									
内容液の温度が上昇すると水の処理性が落ち、給水停止に繋がる可能性がある。そのため、従来のタンクでは大型の冷却装置が必要であり、PE製にすることで冷却装置の小型化ができた。当タンクの開発試験の一部を解析に置き換える際の考えを以下に述べる。																								
① 解析モデルの妥当性の確保																								
開発試験の一部を解析に置き換えるためには、正確な解析結果が求められる。そのためには、現実に近い解析モデルの作成が必要となるため、製造時のばらつきや部材のばらつきを考慮したモデルの作成が必要となる。																								
② 荷重の妥当性の確保																								
使用時に負荷する荷重を正確に見積もることによって、精度の高い解析結果を得ることが出来る。																								
③ 解析値と実測値の乖離の解消																								
解析値と実測値に乖離がある状態では、試験を解析に置き換えることは出来ない。そのため、実測値との乖離を極小化する必要がある。例えば構造解析で																								

●裏面は使用しないで下さい。

●裏面に記載された解答は無効とします。

24字×25字

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	XXXXXXXXXX
問題番号	R 3 III-1

技術部門	機械部門
選択科目	材料強度・信頼性
専門とする事項	設計、構造解析

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)


特	異	点	が	存	在	す	る	場	合	は	、	そ	の	値	を	除	外	し	実	測	値	を	参	
考	に	す	る	な	ど	の	対	応	が	必	要	と	な	る	。									
<u>2) 重要課題と解決策</u>																								
上	記	の	解	決	策	の	う	ち	①	解	析	モ	デ	ル	の	妥	当	性	の	確	保	が		
最	も	重	要	と	考	え	た	。	解	析	モ	デ	ル	が	妥	当	で	な	け	れ	ば	、	正	
確	な	解	析	結	果	が	得	ら	れ	な	い	た	め	で	あ	る	。	正	確	な	解	析	結	
果	を	得	る	た	め	に	は	、	実	際	を	再	現	し	た	モ	デ	ル	の	作	成	が	求	
め	ら	れ	る	。	以	下	に	解	決	策	を	述	べ	る	。									
<u>① 実測による確認</u>																								
当	タ	ン	ク	は	溶	接	に	よ	り	部	材	を	接	合	し	て	い	る	た	め	、	残		
留	応	力	が	発	生	す	る	。	こ	れ	は	解	析	で	求	め	る	こ	と	は	難	し	い	
た	め	、	実	測	に	よ	り	残	留	応	力	を	測	定	す	る	。	解	析	時	に	こ	の	
値	を	加	味	し	て	評	価	す	る	こ	と	で	実	際	に	近	い	解	析	に	す	る	こ	
と	が	で	き	る	。	ま	た	、	使	用	す	る	P	E	は	成	型	条	件	や	ロ	ッ	ト	
に	よ	り	ば	ら	つ	き	が	あ	る	た	め	、	強	度	な	ど	を	実	際	に	測	定	し	
て	お	き	、	解	析	モ	デ	ル	に	反	映	す	る	。										
<u>② 技術の蓄積</u>																								
過	去	の	解	析	結	果	や	実	測	結	果	を	蓄	積	す	る	こ	と	で	、	解	析		
の	精	度	を	上	げ	る	こ	と	が	で	き	る	。	そ	の	た	め	に	は	、	解	析	結	
果	や	材	料	強	度	の	測	定	結	果	を	デ	ー	タ	ベ	ー	ス	化	し	共	有	す	る	
こ	と	で	、	解	析	技	術	の	向	上	を	図	る	。	ま	た	、	定	期	的	に	デ	ー	
タ	ベ	ー	ス	の	紹	介	を	す	る	な	ど	教	育	会	を	開	催	す	る	こ	と	で	、	
技	術	を	広	め	る	活	動	も	重	要	と	な	る	。										
<u>③ 専門家へのヒアリング</u>																								
専	門	家	に	ヒ	ア	リ	ン	グ	す	る	こ	と	で	、	多	角	的	な	意	見	を	取		

●裏面は使用しないで下さい。

●裏面に記載された解答は無効とします。

24字×25字

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	R 3 III-1

技術部門	機械部門
選択科目	材料強度・信頼性
専門とする事項	設計、構造解析

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

り	入	れ	る	こ	と	が	で	き	る	。	そ	の	際	、	樹	脂	の	専	門	家	に	ヒ	ア	
リ	ン	グ	す	る	こ	と	で	解	析	精	度	向	上	に	繋	げ	る	。						
3)	波	及	効	果	と	懸	念	点	、	対	策													
波	及	効	果	：	他	の	製	品	で	同	じ	樹	脂	材	料	を	使	う	製	品	の	解	析	
時	に	、	蓄	積	し	た	デ	ー	タ	を	使	用	す	る	こ	と	で	解	析	精	度	の	向	
上	に	繋	が	る	。	ま	た	、	溶	接	を	含	む	製	品	に	つ	い	て	も	、	残	留	
応	力	の	測	定	結	果	の	蓄	積	に	よ	り	、	解	析	モ	デ	ル	作	成	の	ノ	ウ	
ハ	ウ	を	生	か	す	こ	と	が	で	き	る	効	果	が	得	ら	れ	る	。					
懸	念	：	技	術	の	蓄	積	を	す	る	に	は	解	析	者	が	デ	ー	タ	ベ	ー	ス	に	
解	析	結	果	な	ど	を	登	録	す	る	必	要	が	あ	る	。	し	か	し	、	解	析	者	
が	目	の	前	の	開	発	業	務	を	優	先	す	る	こ	と	で	、	デ	ー	タ	ベ	ー	ス	
へ	の	登	録	が	後	回	し	に	さ	れ	る	懸	念	が	あ	る	。							
対	策	：	対	策	と	し	て	、	過	去	に	解	析	ミ	ス	な	ど	で	発	生	し	た	失	
敗	事	例	を	設	計	者	や	解	析	者	に	教	育	す	る	こ	と	で	、	技	術	の	蓄	
積	の	重	要	性	を	教	育	し	倫	理	観	を	高	め	る	こ	と	が	あ	る	。	ま	た	、
企	業	側	も	業	務	過	多	に	な	ら	な	い	よ	う	な	体	制	を	構	築	す	る	必	
要	が	あ	る	。																				
お	わ	り	に																					
解	析	の	精	度	を	上	げ	る	た	め	に	は	、	実	際	の	状	況	を	再	現	す		
る	必	要	が	あ	る	。	当	タ	ン	ク	で	は	、	溶	接	に	よ	る	残	留	応	力	と	
粟	品	に	よ	る	ス	ト	レ	ス	ク	ラ	ッ	キ	ン	グ	の	発	生	が	懸	念	さ	れ	る	。
こ	れ	は	解	析	で	計	算	す	る	こ	と	は	で	き	な	い	。	こ	の	よ	う	な	場	
合	は	、	環	境	応	力	亀	裂	試	験	の	実	施	が	必	要	と	な	る	。	こ	の	よ	
う	に	、	解	析	だ	け	で	は	分	か	ら	な	い	部	分	に	つ	い	て	は	、	実	測	
に	よ	る	検	証	も	必	要	と	な	る	。													

●裏面は使用しないで下さい。

●裏面に記載された解答は無効とします。

24字×25字

Ⅲ－２ 近年では、機械や構造物の信頼性確保のため、限界状態を設定して要求性能を満たすよう設計することが求められつつある。あなたが新規製品の開発プロジェクトに材料強度・信頼性の技術責任者として新たに加わったとして、①この製品は不規則に変動する内圧を繰り返し受ける、②この製品に関しては規格や設計基準が整備されていない、③この製品が内圧による破裂や疲労破壊を起こした場合には多くの人命が失われるリスクがあることが判明し、高度な信頼性を保証することが必要になった、④限界状態での安全性を確保したいこと及び試験コストに制約があったことから、あなたの前任者は実機疲労試験の荷重サイクル中に耐圧試験で要求される内圧を重畳する試験を実施していた、という状況を想定して下記の問いに答えよ。

- (1) この開発プロジェクトにおいて現状で検討しなくてはならない課題を多面的な観点から抽出し、それらの中から優先すべき順に3つの課題を示して具体的に説明せよ。
- (2) 上記の課題のうち最優先での検討が必要と考えられる課題について、複数の解決策を示せ。
- (3) (2) で示した解決策を実行することがこのプロジェクトの進行及び最終的な結果に及ぼす影響について分析して解決策を1つに絞り込み、懸念される事項や残留するリスクへの対策とともに示せ。

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	Ⅲ-2

技術部門	機械
選択科目	材料強度・信頼性
専門とする事項	構造設計・解析

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

1 開発試験の一部を数値シミュレーションで置き換える場合の課題

コスト、期間の低減の観点から数値シミュレーションで開発試験を置き換えるのは利点がある。人工衛星の機器搭載のための構造物を想定して課題を以下に示す。

1. 1 顧客への説明

人工衛星では顧客と共同開発の立場である。したがって、顧客へ第三者でも理解できるように開発試験の一部を数値シミュレーションで置き換える旨を説明し、説得する必要がある。

1. 2 初期導入費用の準備

数値シミュレーションの導入費用について獲得するために経営部門に対して、導入により低減できる期間・コスト、導入により生じるリスクとその対策を示す必要がある。

1. 3 数値シミュレーションでの置き換えの妥当性確認

開発試験の一部を数値シミュレーションで置き換えたとしても、十分開発試験の代替となり得ることを確認する必要がある。

2. 最も重要な課題とその解決策

最も重要な課題を数値シミュレーションでの置き換えの妥当性確認と設定する。これは、置き換えの妥当性を確認することができれば、顧客への説明、経営部

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

門への説明も円滑にすることが出来るためである。

数値シミュレーションでの置き換えの妥当性の確認
の解決策として以下に3つ示す。

2.1 過去試験と数値シミュレーションの一致性
の確認

置き換えを実施する開発試験と類似した過去の試験
結果と当該試験を模擬した数値シミュレーションの結果
を比較することで、一致すれば置き換えの妥当性を
示すことができる。

2.2 開発試験の一部と数値シミュレーションの
一致性の確認

過去試験が無い場合は、開発試験は一部のみ実施し
て、その結果と数値シミュレーション結果とを比較す
ることで置き換えの妥当性を示すことができる。

2.3 研究所等の専門機関からの支援

供試体の境界条件、負荷される環境によっては簡単
に数値シミュレーションで模擬できない場合がある。
この場合は数値シミュレーションの専門家である研究
所等の専門機関から支援を受けることも解決策の1つ
となる。

3 波及効果と専門技術を踏まえた懸念事項への対
応策

2項で述べた解決策を全て実施した場合の波及効果
と専門技術を踏まえた懸念事項への対策を示す。

まず、波及効果について記載する。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

3 - 1 波及効果

他プロジェクトでの試験費用削減によるコスト低減、および期間短縮が挙げられる。また、数値シミュレーションによって、短期間に多量の試験が実施できることから、それらをデータベース化して、顧客と共有することができるといえる。この際に情報セキュリティに関しては細心の注意を払う必要があるが、顧客の閲覧履歴から、興味のあるシミュレーション結果について確認することができるといえる。そのため、これらのデータを基にDXの推進、デジタルツインの構築のための準備も可能である。

3 - 2 リスクとそのリスク対策

数値シミュレーションと試験結果の一致性が十分に確認できないことが挙げられる。例えば、構造物における詳細な荷重分布は合わない場合も多々ある。

このリスク対策としては、設計評定としてクリティカルな部分の応力レベルは合わせるようにした上で、それ以外の一致しない部分に関しては安全係数を大きめに設定すること、構造物の品質を担保することも可能であり、開発試験を数値シミュレーションで置き換える妥当性を説明することが可能である。

おわりに

開発試験の数値シミュレーションへの置き換えなどのデジタル化により設計速度、ひいては品質の向上に貢献していく所存である。 以上

III - 2

(1) 検討すべき課題

優先すべき順に3つの課題を示す。

優先順 1

安全性の観点から、現在進められている前任者の試験方法が信頼性を保証する上で必要十分なものであるかを検討する必要がある。

優先順 2

自社に有利な規格や設計基準を定めて将来的に販売戦略を優位に進めるといった観点から、未整備の基準類を早急に固めて規格化のイニシアティブを取る必要がある。

優先順 3

現在、試験実施中の開発品を経済的観点から、製造コストを見積もり、採算が取れるかどうかを検討する必要がある。

(2) 最優先で検討が必要な課題の解決策

(1)で述べた優先順1の課題について、3つの解決策を以下に示す。

解決策 1

疲労破壊や内圧による破裂に関するシミュレーションやそれらを重畳したシミュレーションを実施し、解析によって妥当性を検討する。

解決策 2

過去の文献や類似製品の試験方法などを参考にして、妥当性を検討する。

解決策 3

信頼性を保証する新たな実機試験方法を考案し実施する。その試験を行うに当たり、現状とは異なる追加試験となるため、余分なコストが発生する。そこで、この試験の重要性を示して、試験費用を現状より多く取れるように上層部と折衝する。

(3) 実施すべき解決策と懸念事項・残留リスクへの対策

プロジェクトを早急に進めるに当たり、実機試験をするよりもシミュレーションの方が一般的には時間短縮が図れる。また、多くのパターンを比較検討できる点でも最終結果に対する精度は高いと考えられる。これらを考慮して、解決策1を実行すべき解決策と位置付ける。

この解決策を実施する際の懸念事項や残留するリスクは、解析者のスキルにシミュレーションの精度が依存し、正しい結果が得られない可能性があるという点である。それに対して、複数名により解析を実施してその結果を比較することや、場合によっては自前で解析するのではなく、信頼できる外部委託先に解析を依頼するといったことも、対策として挙げられる。

問題文とA評価答案例

(選択科目)

～01-3 機構ダイナミクス・制御～

1-3 機構ダイナミクス・制御【選択科目Ⅱ】

Ⅱ 次の2問題（Ⅱ-1，Ⅱ-2）について解答せよ。（問題ごとに答案用紙を替えること。）

Ⅱ-1 次の4設問（Ⅱ-1-1～Ⅱ-1-4）のうち1設問を選び解答せよ。（緑色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙1枚にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 車両の走行時に駆動用モータを回生ブレーキとして使用するときの原理と特長，及び使用上の留意点を述べよ。

Ⅱ-1-2 動吸振器は副振動系の慣性力を利用した制振装置である。制振する対象を簡単に説明し，動吸振器のパラメータを決定して実際に適用するまでの方法と留意点を具体的に述べよ。

Ⅱ-1-3 車両の駆動用電動機等に採用が進んでいる永久磁石式ブラシレスモータについて，その構造と特長を示せ。また，体格を変えずに出力向上を図る場合の技術的方策を述べよ。

Ⅱ-1-4 開ループ伝達関数 G が $G = N/D$ で表される制御対象の出力に定係数 K をかけてフィードバック制御したときに，フィードバック制御系が安定になる K の条件を述べよ。また，設置当初は安定であった上記のフィードバック制御系が，連続運転中に発振を起こした場合に考えられる主な原因と対策を述べよ。

A) 制振する対象

不整地を走行する車両のばね上部分

(< 図 1 > 不整地を走行する車両のばね上部分にバネ・ダンパ・マスの動吸収器が装着された図)

B) 動吸収器のパラメータを決定して適用する方法

制振対象の共振を抑えるには、その共振周波数に一致する固有振動数をもつバネ・マス系の動吸収器を装着する必要がある。ただし、バネ・マスのみの動吸収器では、その周波数がわずかにずれるだけで制振機能は著しく低下するため、ある程度の振動数範囲での制振機能を実現するために、減衰機構を付加する。ただし、その減衰係数が大きすぎるとバネ機能を喪失し、一方、小さすぎると減衰機能が働かないため、図 2 の 2 定点を通る曲線のうち、2 つの極大値を持つ曲線になるような減衰係数を選択する。

(< 図 2 > 縦軸 (実振幅 / 静的たわみ) と横軸 (外力の振動数 / 動吸収器の固有振動数) のグラフ上の 2 定点を通る 2 つの極大値をもつ曲線の図)

C) 実用に適用するまでの留意点

① 動吸収器の運動により、周辺の構造物との干渉が起きないように動作空間を確保する。

② 動吸収器の装着部にガタが存在すると、それが振動源となるので、装着部は十分な剛性で固定する。

以上

Ⅱ－２ 次の２設問（Ⅱ－２－１，Ⅱ－２－２）のうち１設問を選び解答せよ。（青色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙２枚を用いてまとめよ。）

Ⅱ－２－１ 持続可能な機械システムを構築するためには，①エネルギー効率向上と，②環境保全・3R（リデュース，リユース，リサイクル）が重要になる。これらを効果的に進める手段の１つに軽量化がある。しかし軽量化を推進するに当たっては，様々な課題があるのも事実である。そこでこの業務の担当責任者として，下記設問にしたがって記述せよ。

- (1) 軽量化を進めるに当たって，①，②のそれぞれの観点から調査，検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) 業務を進める手順と，その際に留意すべき点，工夫を要する点を述べよ。
- (3) 業務を効率的に，効果的に進めるための関係者との調整方策について述べよ。

Ⅱ－２－２ 大きく生産ラインを変更することになり，従来は複数の作業員で行っていた複雑な組立作業を，協働ロボットを導入して効率化を図ることになった。導入において，「人間の作業性」，「稼働率」，「安全性」の３つの観点から十分なシステムインテグレーションを行いたい。この業務の担当責任者として業務を進めるに当たり，下記の内容について記述せよ。

- (1) 調査・検討すべき事項とその内容について上記３つの観点から説明せよ。
- (2) 業務を進める手順を列挙して，それぞれの項目ごとに留意すべき点，工夫を要する点を含めて述べよ。
- (3) 業務を効率的に，効果的に進めるための関係者との調整方策について述べよ。

(1)複雑な組立作業を効率化するために導入する協働

ロボットにおいて調査・検討すべき事項とその内容

(< 図 1 > ロボットと作業者が協働で組立作業を行う組立製品上に設定された共有作業空間として定義されたゾーン (1 , 2 , 3) の図)

A) 「人間の作業性」の観点

ロボットが部品をハンドリングし、作業者がその部品を組み付ける作業分担において、両者が作業できる共有空間を設定する。

B) 「稼働率」の観点

故障率を許容レベルにまで抑えるとともに、安全性を確保とそのため停止頻度の低減の両立を図る。((2)②項参照)

C) 「安全性」の観点

作業者とハンドリングロボットが共有する作業空間において、両者が衝突するリスクを許容レベルまで低減する。((2)②③項参照)

(2)業務を進める手順と各項目の留意すべき点、工夫を要する点

①作業分担と作業ルールの設定

(1)A)で検討した人とロボットの作業分担によって作業を実施するにあたり、両者が共有する作業空間に両者が同時に侵入しないことを原則とする。

②ロボットの制御アルゴリズムの設計

本システムの設計において最も難しい点は、作業者とロボットの衝突のリスクを回避するために、衝突（共有空間への同時侵入）の可能性を少しでも検知した際にロボットを停止させると、作業の効率性（稼働率）が著しく低下する点にある。そこで、図1に示すように共有する作業空間の大きさをゾーン（1, 2, 3）に分類し、両者が同時に侵入したゾーンの種類（大きさ）によって、ロボットの減速度や停止などの動作を定めることとする。

③ リスクアセスメントの実施

ロボットの故障や作業者のヒューマンエラーによって生じる危険源（ハザード）を洗い出し、各危険源によって生じるリスク（「危害の大きさ」×「発生確率」）を評価し、そのリスクが許容レベルを満たさない場合は、満たすまで対策を織り込む。

(3) 業務を効率的、効果的に進めるための関係者との調整方策

作業者とロボットの衝突を回避させるための安全システムを充実させると、作業者はその安全システムに依存し、注意力が低下する可能性がある。従って、本システムの運用にあたっては、安全システムの動作頻度や作業者の動作状態をモニタリングし、作業者が過度に安全システムに依存していると判断された場合には、作業者やその監督者に対して注意を促すことを事前に周知する。

以上

1-3 機構ダイナミクス・制御【選択科目Ⅲ】

Ⅲ 次の2問題（Ⅲ-1，Ⅲ-2）のうち1問題を選び解答せよ。（赤色の答案用紙に解答問題番号を明記し，答案用紙3枚を用いてまとめよ。）

Ⅲ-1 持続可能な社会の実現への取組が世界的な課題となる中，今後の日本においてはますます高齢化が進むだけでなく，労働人口も徐々に減少していきだろうと考えられている。また昨今地震や台風等による災害も頻繁に起きていることから，これまでの様々な社会システムを新たなシステムへ転換していくことが必要となってきた。一方，公共交通システムの1つである路面電車は，自動車と鉄道の2つの特徴を併せもったシステムである。そしてこの路面電車システムにおいても，例えば労働人口の減少等に対応していくため，自動運転化されるなどの新たなシステムへと転換に迫られるものと考えられる。このような社会の状況を考慮して，次の各問に答えよ。

- (1) この路面電車システムの自動運転化を実現するために必要な検討課題を，技術者として多面的な観点から3つ抽出して分析せよ。
- (2) 抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ，それが重要と考える理由とそれを解決するための技術的提案を，機構ダイナミクス・制御分野の機械技術者の立場から3つ示せ。
- (3) (2) で提案した全ての技術的提案を実行したうえで生じる波及効果と，新たに生じる懸念事項への対応策を機構ダイナミクス・制御分野の技術者の立場から示せ。

(1) 路面電車システムの自動運転化を実現するために必要な検討課題

A) 多様な要求への対応と効率性の両立

路面電車システムは、乗降位置や乗降時刻に関する利用者の多様な要求に対してフレキシブルに対応できる自動車としての特徴と、多くの利用者を同時に効率的に輸送できる特徴を併せ持つが、この2つの特徴はトレードオフの関係にある。従って、この2つの特徴を可能な限り満足させる全体最適なシステムを設計する必要がある。

B) 自動運転システムの安全性の確保

路面電車システムを自動運転化するにあたり、以下のような安全性を確保する必要がある。

i) システムの故障確率を適正なレベルまでに抑える信頼性と故障時のフェイルセーフや安全確保のための作動機能（機能安全）

ii) 周囲の歩行者、他走行車両、インフラ設備などの位置や動作状況などを把握した上での、衝突の回避を含む適正な走行制御機能

C) 非定常状態への対応

台風や豪雨・雪などの異常気象や重大事故による過度の交通渋滞など、通常の運行制御が困難となる非定常状態に対しても、適正な対応を可能とするシステムを構築する必要がある。

(2) a) 最も重要と考える課題

(1)A)に述べた多様な要求への対応と効率性の両立

b)(1)A)の課題が重要と考える理由

持続可能な社会を実現するために、交通インフラやエネルギーを効率的に活用するとともに、交通弱者を含むすべての利用者にとって便利な交通システムを確立する必要があるため。

c)(1)A)の課題に対する3つの技術的提案

c-1)IoTを活用したデータ収集

路面電車システムの各車両にその位置や乗客数などを把握できるセンサーを装備し、そのセンサーによって収集したデータを携帯電話通信インフラなどの移動体通信を用いてリアルタイムに収集する。

c-2)IoTシステムによって収集されたビッグデータの解析

c-1)のIoTシステムによって収集されたビッグデータを統計処理、データサイエンス、AIなどを用いて分析することにより、自動車としてのフレキシブル性と電車としての効率性を可能な限り両立する全体最適を実現するための配車台数、基本となる走行ルートや乗降位置などを定める。

c-3)利用者視点でのデータ分析

路面電車システムの利用者の携帯電話から発信される位置データをリアルタイムに収集し、その収集データを分析することにより、各利用者が目的地まで移動において、待ち時間などを極力少なくするなどの効率的

な移動を実現しているかを解析する。(情報の取り扱いにあたっては、個人情報特定されないための留意が必要)

(3)①(2)c)の技術的提案の波及効果

(2)c)の3つの技術的提案によって得られたデータやその分析結果を、その都市の他の交通機関と共有・交換することにより、その都市全体の交通インフラのMaaSとしての最適化を実現するとともに、新たな交通インフラへの最適な投資の検討が可能となる。

②(2)c)の技術的提案によって新たに生じる懸念事項への対応策

(2)c)の提案は、その多くの部分をIoTシステムやデータ分析のためのDXシステムに依存しているため、それらのシステムに設計ミスや信頼性不足による異常が存在した場合の影響は大きい。

従って、これらのIoTシステムやDXシステムの構築や運用にあたっては、単一のシステムに依存することなく、システムをハイブリッド化・冗長化するとともに、人の判断や確認を介在させるべきである。

以上

Ⅲ－２ 機械学習は、予測・最適化、業務の効率化、熟練技術者の減少への対応などの目的で、様々な分野での活用が進んでいる。一方で製造業においては、製品バラエティ対応性拡大、生産性向上、省力化を主眼として、従来主流だった少品種大量生産から、大量生産の効率でカスタム製品を生産するいわゆるマスカスタマイゼーションへの対応が進んでいる。マスカスタマイゼーションへの対応を目的として、産業用ロボットを用いた既存の製造ラインに機械学習を導入することを想定し、製造ラインの開発者、若しくは製造ラインを用いて製品を製造する生産者どちらか一方の立場で以下の問いに答えよ。

- (1) 製造ラインの開発者の立場、若しくは製造ラインを用いて製品を製造する生産者の立場、どちらか一方の立場を選択し、選択した立場を示せ。さらに、選択した立場で想定した製造ラインに機械学習を導入する際の課題について、技術者として多面的な観点から3つ抽出し、それぞれの観点を明記したうえで、課題の内容を示せ。
- (2) 前問(1)で抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ、それが重要と考える理由とその解決策を、機構ダイナミクス・制御分野の機械技術者の立場から3つ示せ。
- (3) 前問(2)で提示した全ての解決策を実行したうえで新たに生じるリスクとそれへの対策を、機構ダイナミクス・制御分野の技術者の立場から示せ。

問 題 文

(選択科目)

～01-4 熱・動力エネルギー機器～

1-4 熱・動力エネルギー機器【選択科目Ⅱ】

Ⅱ 次の2問題（Ⅱ-1，Ⅱ-2）について解答せよ。（問題ごとに答案用紙を替えること。）

Ⅱ-1 次の4設問（Ⅱ-1-1～Ⅱ-1-4）のうち1設問を選び解答せよ。（緑色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙1枚にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 作動流体にCO₂を用いる家庭用ヒートポンプ給湯機の原理を，温度（ T ）-比エントロピ（ s ）線図を用いて説明し，CO₂の特徴とヒートポンプ給湯機に用いることの利点を説明せよ。また，成績係数を低下させる利用環境をその理由とともに述べよ。

Ⅱ-1-2 熱伝達率 α [W / (m² · K)] の一般的な定義とそれを整理する無次元数について説明し， $\alpha = 1 \sim 10$ ， $100 \sim 1000$ の2つの領域となる伝熱現象について，それぞれの現象を含む伝熱機器の具体例を挙げて述べよ。また， $\alpha > 10000$ となる場合の伝熱現象について伝熱機器の具体例を挙げて説明し，その伝熱促進方法を1つ述べよ。

Ⅱ-1-3 単位質量当たりの固体燃料が燃焼する際に必要な理論空気量 A_0 [m³/kg] を，固体燃料の元素分析値より求めたい。その方法について，燃焼に關与する化学反応式とともに説明せよ。また，空気比（=実際に投入された空気量/理論空気量）により燃焼状態がどのように変化するか述べるとともに，ボイラの運用で用いられている空気比の値を述べよ。

Ⅱ-1-4 水の臨界点の圧力 [MPa]，温度 [K] をそれぞれ有効数字2桁で示し，ランキンサイクルにおいて，昇圧後の圧力が作動流体の臨界圧力を超える場合と超えない場合について，温度（ T ）-比エントロピ（ s ）線図上の違いを述べよ。また，一段抽気再生ランキンサイクルの熱効率を，比エンタルピ h を用いて説明せよ。ただし，主流に対する抽気流量の割合 m ($0 < m < 1$) を用いてよく，圧縮過程でのポンプ仕事は無視できるものとしてよい。

Ⅱ－２ 次の２設問（Ⅱ－２－１，Ⅱ－２－２）のうち１設問を選び解答せよ。（青色の答案紙に解答設問番号を明記し，答案用紙２枚を用いてまとめよ。）

Ⅱ－２－１ マグロに代表される冷凍水産物やワクチンなどの医薬品の流通では極低温を維持できるコールドチェーンが必要である。このような低温製品を流通させるための－50℃から－70℃程度に保持できる車載用冷凍コンテナが開発されることになった。あなたがこのコンテナに搭載する圧縮式冷凍ユニットの開発責任者に選ばれた場合を想定して，下記の内容について記述せよ。

- (1) 調査，検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) 冷凍ユニットの構成を示したうえで，その冷凍ユニットについて留意すべき点，工夫を要する点を含めて業務を進める手順について述べよ。
- (3) 業務を効率的，効果的に進めるための関係者との調整方法について述べよ。

Ⅱ－２－２ 自家消費用として原動機に7MW級ガスタービンを用いた熱併給発電設備（コージェネレーション）を導入して15年が経過している機械製品工場において，主要製品の転換が起こりつつあり，工場内の製造工程向け蒸気需要が半分以下に減少する一方で，研究棟や事務棟の建設により電力並びに空調の需要増大が見込まれている。あなたが，工場の技術責任者として，設備の一部流用も可能性を含めた設備更新の計画業務を行うに当たり，下記の内容について記述せよ。

- (1) 調査，検討すべき事項とその内容について，説明せよ。
- (2) 更新後の熱併給発電設備の機器構成を想定し，その構成とエネルギーフローを説明したうえで，機器構成決定を含めた業務を進める手順について，留意すべき点，工夫を要する点を含めて述べよ。
- (3) 業務を効率的，効果的に進めるための関係者との調整方策について述べよ。

1-4 熱・動力エネルギー機器【選択科目Ⅲ】

Ⅲ 次の2問題（Ⅲ-1，Ⅲ-2）のうち1問題を選び解答せよ。（赤色の答案用紙に解答問題番号を明記し，答案用紙3枚を用いてまとめよ。）

Ⅲ-1 カーボンニュートラルへの世界的な動きが活発化する中，自動車のEV化など，需要側でのエネルギーの電力シフトが予想される。一方，需要側の熱利用に対しては，CO₂排出量が少ない化石燃料として天然ガスが積極的に活用されてきたが，今後は熱利用でもCO₂排出量の削減が求められる。その要請を受け，既存熱供給インフラとして敷設済みの都市ガス網を活かしつつ，CO₂排出量の削減を実現する方法として，水素混入等の燃料転換も検討されている。熱・動力エネルギー分野の技術者として，以下の問いに答えよ。

- (1) 天然資源では確保できない水素混入等の燃料転換によるCO₂排出量の削減に当たって留意すべき技術的事項について，サプライチェーンを含む多面的な観点から課題を3つ抽出し，その内容を観点とともに示せ。
- (2) 抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ，その課題に対する複数の解決策を示せ。
- (3) 前問(2)で示したすべての解決策を実行したうえで生じる波及効果と専門技術を踏まえた懸念事項への対応策を示せ。

Ⅲ－２ 2050年のカーボンニュートラル目標に向けて、2020年12月に策定されたグリーン成長戦略では、今後成長が期待される産業として14分野が設定された。このうち、熱・動力エネルギー機器に関連するものとしては、電力部門の脱炭素化を大前提とした洋上風力や次世代太陽電池による再生可能エネルギーの利用拡大や、アンモニアや水素などの化石代替燃料の活用が期待されている。一方、再生可能エネルギーの大量導入を可能にするには、既存の火力発電や揚水発電等による調整力確保が必須である。特に火力発電に対しては、長期的には代替燃料への転換を図るとともに、短期的には従来燃料を用いた中での調整力の強化が求められる。このような社会的動向に基づく技術的要請に関して、熱・動力エネルギー機器の技術者として以下の問いに答えよ。

- (1) 再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、今後さらに重要となる火力発電所の調整力について、それが必要となる背景と対象とする発電方式を示したうえで、技術者としての立場で多面的な観点から部分負荷効率向上以外の課題を3つ抽出し、それぞれの観点を明記したうえで、課題の内容を示せ。
- (2) 抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ、その課題に対する複数の解決策を示せ。
- (3) 前問(2)で示したすべての解決策を実行して生じる波及効果と専門技術を踏まえた懸念事項への対応策を示せ。

問題文とA評価答案例

(選択科目)

～01-5 流体機器～

1-5 流体機器【選択科目Ⅱ】

Ⅱ 次の2問題（Ⅱ-1，Ⅱ-2）について解答せよ。（問題ごとに答案用紙を替えること。）

Ⅱ-1 次の4設問（Ⅱ-1-1～Ⅱ-1-4）のうち1設問を選び解答せよ。（緑色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙1枚にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 十分に長い直径 d の円断面の直管が前後につながる90度曲がり管があり，内側をニュートン流体が流れている。曲がり管の曲率半径を R とし， R/d が6以下の場合について，曲がり管出口から距離 d 下流の直管部の断面に生じる二次流れと，管軸方向速度分布を，上流側直管の向きが分かるようにして図示し，そのようになる理由を曲がりによる損失の原因とともに説明せよ。ただし，レイノルズ数は 1×10^5 程度とし，キャビテーションは生じていない非圧縮性流体とする。

Ⅱ-1-2 圧力性能曲線（流量と圧力の関係）が上に凸の二次曲線形状を持つ被動機に下流配管が設けられている場合を考える。圧力性能曲線が正勾配となる流量範囲，あるいは，負勾配となる流量範囲，それぞれで作動している状況下で，流量がわずかに増加あるいは減少した結果として生じる流量の変化について説明せよ。また，これを元に被動機の作動安定性を勾配に関係づけて説明せよ。さらに，下流配管の抵抗曲線も含めて作動点に言及することにより，この被動機の適切な使用流量範囲について説明せよ。

Ⅱ-1-3 流れ場を視認する方法として流れの可視化があるが，例えば換気状況を観察したい場合にトレーサ粒子を用いた流れの可視化は簡単で便利な手法と言える。気流を可視化するのに用いられるトレーサ粒子，シーディング方法，照明方法，留意すべき事柄について説明せよ。

Ⅱ-1-4 断面積が一定の配管内を十分に発達した気液二相流が流れている。配管断面における二相流中の気相質量流量割合（クオリティ）と気相が占める面積の割合（ボイド率）との関係について述べよ。

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	Ⅱ-1-3、Ⅱ-2-1

技術部門	機械部門
選択科目	流体機器
専門とする事項	流体力学

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

換気状況計測の例を図1に示し、気流の可視化に必要な各要素と留意すべき事柄を説明する。

○トレーサー粒子

主に、速度場と粒子密度、撮影範囲を勘案し、適当な粒子を選定する。例えば、図1のような屋内の換気の場合、オイルを熱して発生するオイル蒸気が良い。

○シーディング方法

ポッドのように、一箇所から集中してトレーサーを発生させる場合、可視化範囲に均等に粒子が行き渡らない。そこで、図1の通り、金属ワイヤーをいくつか張る。オイルを垂らしたこのワイヤーを熱することでオイルを蒸気とさせるような方法が良い。

○照明方法

ランプのような三次元的な照射の場合、可視化される粒子の動きが重なり、観察が難しい。そこで、面照射とし、面内の粒子の動きのみに注目し、観察を容易とする。また光源はレーザーとし、粒子からの反射強度を上げ、撮影を容易とする。

○留意すべき事柄

レーザーを使う場合、直接目に光を浴びないように、

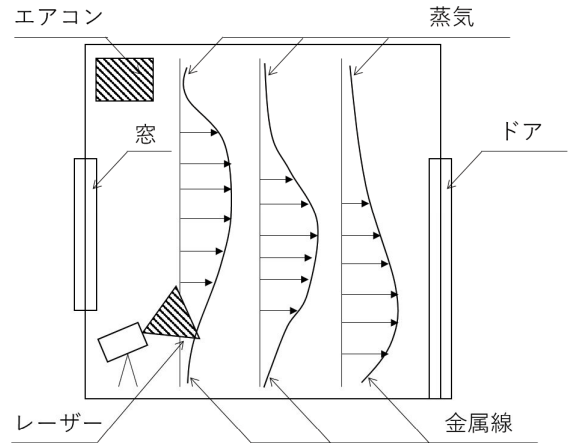


図 1 室内の換気状況の計測例

適切な波長カットゴーグルを着用する。また、周囲の可燃物が着火しないよう、レーザーの強度を不必要に大きくしない。

Ⅱ－２ 次の２設問（Ⅱ－２－１，Ⅱ－２－２）のうち１設問を選び解答せよ。（青色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙２枚を用いてまとめよ。）

Ⅱ－２－１ 河川の洪水災害の予防や減災，復旧のために排水用可搬式ポンプの重要性が高まっている。ある自治体内の洪水が予想される複数の危険箇所に機動的に使用できる排水用可搬式ポンプの設計プロジェクトの責任者を担当することになった。この業務を進めるに当たり，下記の内容について記述せよ。

- (1) 調査，検討すべき事項とその内容について説明せよ
- (2) 業務を進める手順を列挙して，それぞれの項目ごとに留意すべき点，工夫を要する点を述べよ
- (3) 業務を効率的に進めるための関係者との調整方策について述べよ。

Ⅱ－２－２ ターボポンプの開発においては，ポンプ内でのキャビテーションの発生や，それに起因する諸問題に関する検討，それらへの対策は必須である。あなたは，ポンプの設計・開発担当責任者として，ポンプのキャビテーションに関する調査・検討・対策の業務を進めることになった。下記の内容について説明せよ。

- (1) 調査・検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) 業務を進める手順について，留意すべき点，工夫を要する点を含めて述べよ。
- (3) 業務を効率的，効果的に進めるための関係者との調整方策について述べよ。

(1)

事項 ① : 洪水によってたまる水の量

事項 ② : 運搬方法と運搬可能重量

事項 ③ : 排水に含まれる汚泥の種類や量

(2)

手順 ① : 事前調査 (1) を踏まえたポンプの仕様決定

留意点 : 机上検討だけでは仕様を正確に決定できないことを念頭におく。

工夫点 : 社内試験や現場での試運転を通して、より詳細な仕様を決定できるように、仕様決定のスケジュールに含みをもたせる。

手順 ② : 社内試験による排水効果の確認

留意点 : 理想的な状態での試験であることに注意する。災害時の運用を考える場合は適当な安全係数を見積もる。

工夫点 : 自治体の関係者に参画いただく。これにより、より実態に即した試験条件を見出す。

手順 ③ : 実運用を通じた改善活動

留意点 : ポンプの利用者は自治体職員であることに注意する。誤使用の可能性を考える。

工夫点 : 手順 ② と同じく、実際の使用が想定される自治体の職員に参画していただく。これにより、ポンプ

を使用する上でのノウハウを学んでいただく。

(3)

● 自治体との調整

PJに継続的に参画いただく。例えば、手順②や手順③の通り。また、このPJを通して得られた業務上の秘密をどのように取り扱うか、事前に協議を行う。必要であれば知的財産に関わる契約を交わす。

● 同業他社との調整

PJを通じて得られた予防や防災に関わる技術や知見は、公益に資する。そこで、所属団体や学会での報告を通じて、技術や知見を共有する。このとき、自社の秘密情報は不必要に公開しないように注意する。

令和3年度技術士第二次試験問題〔機械部門〕

1-5 流体機器【選択科目Ⅲ】

Ⅲ 次の2問題（Ⅲ-1，Ⅲ-2）のうち1問題を選び解答せよ。（赤色の答案用紙に解答問題番号を明記し，答案用紙3枚を用いてまとめよ。）

Ⅲ-1 地球温暖化の原因として二酸化炭素の排出量が問題視される中で，大気中の二酸化炭素の量を減らす取組として，二酸化炭素の回収・有効利用・貯留（CCUS：Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage）が注目されている。このような状況を踏まえて，流体機器分野の専門技術者としての立場で，以下の問いに答えよ。

- (1) 二酸化炭素の回収・有効利用・貯留で用いられる流体機器を1つ挙げ，運用するうえでの課題を技術者としての多面的な観点から複数抽出し，その内容を観点とともに示せ。
- (2) 前問（1）で抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ，その課題の解決策を複数示せ。
- (3) 前問（2）で示したすべての解決策を実行したうえで生じる波及効果と専門技術を踏まえた懸念事項への対応策を示せ。

Ⅲ-2 計算機の著しい性能向上，数値計算技術の発展，解析ツールや設計ツールの充実等により，解析による設計や，モデルベース開発といった開発・設計技術の革新が進んでいる。これらの技術革新に伴い，設計に占める解析の重要性は増している。このような状況の下，流体機器を主機として用いるシステムの開発・設計者として以下の問いに答えよ。

- (1) あなたが担当する流体機器が関連するシステムを1つ挙げ，新たにモデルベース開発を導入してシステムの開発・設計を実施するとした場合の課題を多面的な観点から3つ抽出し，その内容を観点とともに示せ。
- (2) 前問（1）で抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ，その課題に対する複数の解決策を示せ。
- (3) 前問（2）で提示した解決策に共通して新たに生じうるリスクとそれへの対策について，専門技術を踏まえた考えを示せ。

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	Ⅲ-2

技術部門	機械部門
選択科目	流体機器
専門とする事項	流体工学

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

(1)

担当する流体機器：鋼の連続鑄造プロセスで使用する溶鋼給湯用耐火物ノズル

課題①：検討すべき現象の理解

開発の目的に通ずる現象を理解する。

どのような現象が原因で問題が起きているのか。

課題②：メーカーをまたいだモデルの共有

製造メーカー、耐火物メーカー、解析メーカーでそれぞれ固有の解析モデルがある場合、各メーカーのノウハウを共有し、技術的プレイクスルーを狙う。

課題③：モデルの妥当性評価

使用しているモデルが妥当であることを別の手段で評価しなければならない。

(2)

課題③が最も重要。なぜなら妥当性が確かでなければモデルそのものが成立しない可能性があるから。

解決策①：モデル実験の利用

可能であれば、流体機器をモデル実験系に落とし込む。モデル実験を通じて、注目する現象を再現する。実機で取り扱う流体が不透明、高温、毒性有など特殊であ

れば、モデルを通じた実験評価が有効である。

解決策②：実機試験のフィードバック
現象そのものの観察が難しく、モデル実験も難しい場合には、実機試験から得られる様々な情報をもとにモデルの良し悪しを判断する。モデルに基づいて変化させた実機試験パラメータの結果が予想通りであれば、モデルが妥当と評価する。確度を上げるために、多くの実機試験を行う。

解決策③：製造プロセスの可動と継続調査
モデルに基づき、実機製造プロセスを稼働させる。稼働状況とモデルの解析結果を突き合わせる。

(3)

リスク：現象の誤理解
現象を誤って捉えたりそのものの理解が不足している場合、モデルは有効に機能しない。例えば、配管中を流れる水に対して、配管内壁からガスを吹き込む場合、図1左のように気泡として流れに貫入

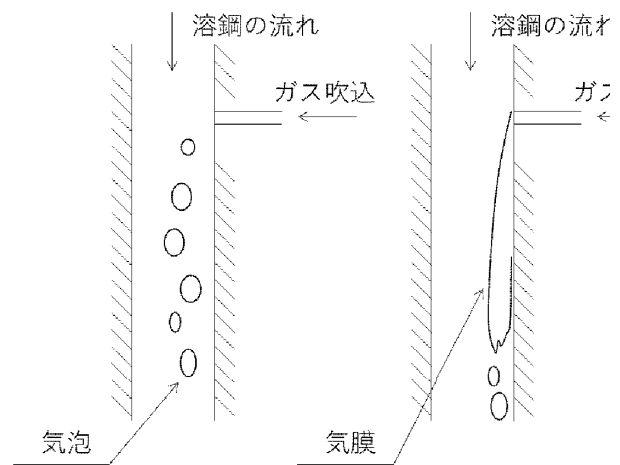


図 1 溶鋼にガスを吹き込む場合の誤理解(左)と実現象(右)

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

し、気泡流となることが想像できる。しかし、耐火物と溶鋼のように濡れが悪く、溶鋼とガスのように比重差が大きい場合、図1右のように気泡として貫入せず、気膜を形成する。これを理解せずに、図1左の方に基づいてモデルを作成した場合、誤った結果が導かれる。

対策：基礎実験の活用

現象を正確に理解するため、モデルが取り扱う現象をより細かな現象に切り分ける。切り分けた現象に不明な点があれば、それに注目した基礎実験を行い、理解を深める。

問題文とA評価答案例

(選択科目)

～01-6 加工・生産システム・産業機械～

1-6 加工・生産システム・産業機械【選択科目Ⅱ】

Ⅱ 次の2問題（Ⅱ-1，Ⅱ-2）について解答せよ。（問題ごとに答案用紙を替えること。）

Ⅱ-1 次の4設問（Ⅱ-1-1～Ⅱ-1-4）のうち1設問を選び解答せよ。（緑色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙1枚にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 機械加工された部品寸法の測定値に含まれる誤差には，測定毎のばらつきを示す「偶然誤差（random error）」に加えて正しい寸法からのずれ「系統誤差（systematic error）」が含まれ，測定器の特性や設置状況，さらに雰囲気等の影響を受ける。公称直径100mmの内径寸法測定を想定し，「偶然誤差」や「系統誤差」の観点から測定誤差を小さくするための方策3つを説明せよ。

Ⅱ-1-2 近年，代表的な機械式プレスの一つであるクランクプレスについて，駆動源をサーボモータとするサーボプレスが普及している。従来タイプのクランクプレスに対するこのサーボプレスの特徴を記述せよ。

Ⅱ-1-3 ある部品を製造する素形材工程，機械加工工程，組立工程の3工程からなる製造ラインがある。このラインで，後工程からの引き取り情報を利用して順次補充製造を繰り返す「カンバン方式」を導入した時の利点を3つ挙げよ。

Ⅱ-1-4 設備総合効率（OEE）は，時間稼働率，性能稼働率，良品率の3項の積で求められる。各項の定義を記述せよ。またこれらを大きく悪化させる要因を1つずつ挙げ，それぞれを向上させる最近の技術的な対策について解説せよ。

技術士第二次試験 APEC-semi 答案用紙

受験番号	
問題番号	II-1-4

技術部門	部門
選択科目	
専門とする事項	

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

設	備	総	合	効	率	は	以	下	の	式	で	表	せ	る	。						
設	備	総	合	効	率	=	時	間	稼	働	率	×	性	能	稼	働	率	×	良	品	率
<p>(1) 時間稼働率：停止ロスを除いた稼働率を表している。</p> <p style="text-align: center;">時間稼働率 = (負荷時間 - 停止時間) / 負荷時間</p> <p>IOTを活用して「予知保全化」することで、故障による停止を減らす。</p> <p>(2) 性能稼働率：性能ロスを除いた稼働率を表している。</p> <p style="text-align: center;">性能稼働率 = (基準サイクルタイム × 加工数量) / 稼働時間</p> <p>IOTを活用して性能が生かし切れていない原因を特定して対処する</p> <p>(3) 良品率：不良ロスを除いた効率を表すために使用される</p> <p style="text-align: center;">良品率 = (加工数量 - 不良品数) / 加工数量</p> <p>工作機械などで工具破損による不良発生を防ぐため、適切な工具寿命管理を行う。工具寿命の算定や、工具交換時期の警告をするためにIOTを活用する</p>																					

Ⅱ－２ 次の２設問（Ⅱ－２－１，Ⅱ－２－２）のうち１設問を選び解答せよ。（青色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙２枚を用いてまとめよ。）

Ⅱ－２－１ 加工プロセスは環境に負荷を与えている。切削を例に挙げると電力消費に加えて切削液や洗浄液等を含めた廃棄物の処理による環境負荷も考える必要がある。あなたが携わっているプロセスについて環境負荷の要因分析，定量化，及び軽減計画を策定することになり，この業務の担当責任者に選ばれたとして，下記の内容を記述せよ。

- (1) 調査，検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) 業務を進める手順を列挙し，それぞれの項目ごとに留意すべき点，工夫を要する点を述べよ。
- (3) 業務を効率的，効果的に進めるための関係者との調整方法について述べよ。

Ⅱ－２－２ 穴付き外歯歯車部品の機械加工の量産ラインを２年程度の準備期間で新規に導入し，試作を経て立ち上げる担当となった。素形材は円筒状のブランクでサプライヤから供給してもらうことが決まっている。また機械加工は粗加工（荒加工）と仕上げ加工があり，中間の浸炭熱処理は熱処理担当が検討するものとする。品質，コスト，納期の目標値を満足しスムーズな生産立ち上がりを迎えるための準備期間における業務について以下の内容について記述せよ。

- (1) 調査，検討すべき事項とその内容について記述せよ。
- (2) 業務を進める手順を列挙して，それぞれの項目ごとに留意すべき点，工夫を要する点を述べよ。
- (3) 業務を効率的，効果的に進めるための関係者との調整方策について述べよ。

令和 年度 技術士第二次試験 答案用紙

受験番号	
問題番号	Ⅱ-2-1

技術部門	部門
選択科目	
専門とする事項	

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

(1) 調査、検討すべき事項とその内容

自社のHVモータ向けのコイル生産ラインを念頭において、記述する。

① 設備のムダ動作時間の調査

設備のムダ動作時間を調査し、待ち時間の間は設備を止めるなどの制御を盛り込むことで、電力量を削減することができる。省エネルギーに繋がる。

② チョコ停時間の調査

設備のチョコ停時間を調査し、その対策を行うことで、ムダに使用している電力量を削減することができる。省エネルギーに繋がる。

③ 銅線の廃棄量調査

モータコイルの生産ラインでは、1本の平角銅線を切断し短冊状にした後で曲げ加工を行っているが、切断により素材を廃棄している。レアメタルの銅の廃棄量を減らすことで、環境負荷低減につながる。

(2) 業務を進める手順

生技、製造、保全でプロジェクトチームを結成し、会社の重点方針として全社的に取り組む

① 業務を進める手順

- ・ 現状把握を行い、目標を設定する。
- ・ 日程計画を作成し、役割分担を行う。
- ・ 対策を立案し、対策を実施する。
- ・ 効果を確認する。

② 留意すべき点、工夫する点

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	II-2-2

技術部門	応用礼
選択科目	
専門とする事項	

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

1. 調査・検討すべき内容とその内容																								
(1) 生産数量																								
期間あたりの生産数量の情報を得ることで、加工工法や生産方式の計画を立てることが出来る。																								
(2) 生産方式・加工方法																								
生産ラインの設計および加工方法や条件の詳細を検討する																								
(3) 製品の具体的な要求仕様の把握																								
使用する材料の成分や強度、機械加工の公差、熱処理の要求仕様（有効効果深さや硬度）などの詳細を確認・把握しておく。																								
2. 業務の手順と留意・工夫すべき点																								
(1) 部品の仕様の明確化																								
顧客との間で部品の仕様を明確にしておく。これにより、顧客との認識のずれによるトラブルを防ぐ。また、ライン設計や加工方法の検討段階での「後戻り」を防ぐ。具体的な使用は図面および書面や仕様書などで明確に取り決めておく																								
(2) 設備検討																								
要求されている品質、コスト、納期に対応可能な設備を検討する。使用する設備や工具によって、実現できる精度が変わる。また、要求品質や納期を実現できる設備や工具を選定する																								
(3) 設備投資計画																								

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

損益分岐点分析（固定費と変動費に分けた分析）により利益が出るかどうかを確認する。
(4) 試作・品質確認
試作をすることで目的の品質や加工のスピードが実現できるか確認する。試作後は仕様に対して関係者の認識のずれがないか確認する。このためには現物を関係者で集まって検査、確認したり実際の装置に組み込んで問題なく利用できるか確認したりする。
(5) 設備導入・生産開始
生産開始時はバスタブカーブに示す初期故障期に当たるので、十分に注意しながら生産を行う。
3. 業務を効率的に、効果的に進めるための調整方法
(1) フロントローディング、コンカレントエンジニアリングにより円滑かつ生産の早期立ち上げ
このためには関係部署の調整や情報の伝達が円滑かつ正確な伝達が必要である。
(2) 3Dデータの活用による効率化
3Dデータは①関係者へ部品仕様や形状の説明のため、②ラピッドプロトタイピングのため、③CAD/CAM利用による効率的な生産に有効である。3Dデータを有効に利用する。
(3) CADデータ（フォーマット）を共通化
関係者が異なったCADデータフォーマットを使用していると、データの受け渡しや扱いが難しく、効率的な

平成28年度 技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

業務が出来ない。CADデータフォーマットは可能な限り、共通化する。

(4) 中間加工図や作業指示書の作成

複数の工程があるので、加工代などを考慮した「中間加工図」を用意しておくことで、それぞれの工程での加工代を明確にしておく。また、作業指示書（要領書）も作成する。

1-6 加工・生産システム・産業機械【選択科目Ⅲ】

Ⅲ 次の2問題（Ⅲ-1，Ⅲ-2）のうち1問題を選び解答せよ。（赤色の答案用紙に解答問題番号を明記し，答案用紙3枚を用いてまとめよ。）

Ⅲ-1 自社で設計・製造を行っている1つの工業製品に対し，設計部門から以下の検討依頼が来た。「鉄系材料を用いている今までのフレーム構造体に対し，軽量化を図るため，従来材と次の候補材料どれか1つとの組合せによるマルチマテリアル化を進めたい。候補材料は高張力鋼，アルミニウム，マグネシウム，CFRPである。」あなたが生産技術者としてこの検討を行う場合，以下の問いに答えよ。

- (1) これらの候補材料を比較しマルチマテリアル化を検討するに当たり，生産技術者としての立場で多面的な観点から3つ課題を抽出し，それぞれの観点を明記したうえで，課題の内容を示せ。
- (2) 抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ，候補材料を1つ提示したうえでその課題に対する複数の解決策を示せ。
- (3) すべての解決策を実行しても生じうるリスクとそれへの対策について，専門技術を踏まえた考えを示せ。

Ⅲ-2 サプライチェーンとは，小売業，卸売業，製造業，部品・資材サプライヤー等の供給活動の連鎖構造である。サプライチェーンマネジメントとは，不確実性の高い市場の変化にサプライチェーン全体を機敏に対応させ，ダイナミックに最適化を図ることとされる。ここで，産業機械を供給する素材サプライヤー，部品製造会社，製品製造会社からなるサプライチェーンを考える。

- (1) サプライチェーンを構成するための情報共有化に関する課題を，産業機械を製造・供給する技術者として多面的な観点から3つ抽出し，それぞれの観点を明らかにしたうえで，課題の内容を記せ。
- (2) 前問（1）で抽出した課題のうち最も重要と考えられる課題を1つ挙げ，その課題の解決策を3つ示せ。
- (3) 前問（2）で示したすべての解決策を実行して生じる波及効果と専門技術を踏まえた懸念事項への対応策を示せ。

技術士第二次試験 APEC-semi 答案用紙

受験番号	
問題番号	Ⅲ- 2

技術部門	部門
選択科目	
専門とする事項	

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

1.	情報共有化に関する課題
	(1)ブルウィップ現象を防ぐための正確な需要情報の提供
	需要を予測しながら発注・生産をしていくサプライチェーンではブルウィップ現象が起こりやすい。これは各工程が余裕をもった生産活動を行い、在庫を持っていると発生する現象で、サプライチェーンの上流に行くほど在庫が多くなる。これを防ぐためにはサプライチェーン全体に正確な需要情報を提供することが必要である。
	(2)生産管理システムの共通利用
	サプライチェーン全体で共通の生産管理システムを利用することで、情報共有を容易化する。
	(3)デジタル人材の確保（サプライチェーンの全体）
	サプライチェーンの全体最適化のために上流から下流まで、デジタル人材を配置する。これによりサプライチェーン全体での、生産管理システムを通じた情報共有が容易になる。
2.	ブルウィップ現象を防ぐための解決策
	(1)プル生産方式の採用
	後工程が部品を引き取る「プル生産方式」を利用すれば、工程間の仕掛が小さくなり、ブルウィップ現象による在庫過多を防ぐことが出来る。例えば、かんばん方式を導入することでプル生産方式を運用

令和 年度 技術士第二次試験 答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

することが出来る。

(2) MRP (資材所要量計画) による生産・調達

受注情報に基づいて、計画的に部品の生産・調達

を行っていく MRP を導入する。このためには独立需

要品目、従属費用品目を明確にしたうえで、サプラ

イチェーン全体の生産活動や調達を決定していく。

(3) BTO 生産方式の適用

見込み生産と受注生産を組み合わせた BTO 生産方

式を適用する。これにより適切な位置 (デカップリ

ングポイント: 見込み生産方式と受注生産方式の分

岐点) で在庫を持っておくことが出来るので、完成

品に近い状態での在庫を抱えたり、在庫が過多にな

ったりすることを防止できる効果がある。

3. 波及効果と懸念事項

(1) 波及効果としては以下のものがあげられる。

① 在庫の減少

② 在庫にかかわる諸費用の低減 (保管費用、倉庫費用、管理費用など)

③ 需要変動が及ぼす、生産変動を緩やかにすることが出来る

④ BTO 生産により受注から販売までのリードタイムが短縮され、機会損失を防ぐことが出来る

(2) 懸念事項

令和 年度 技術士第二次試験 答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

B T O 生 産 を し た 場 合 、 デ カ ッ プ リ ン グ ポ イ ン ト を
ど こ に 持 っ て く る か が 重 要 で あ る 。 こ の 位 置 を 間 違
え る と 思 っ た よ う な 効 果 が 出 な か っ た り 、 在 庫 金 額
が 大 き く な っ て し ま っ た り す る こ と が あ る 。 製 品 や
市 場 の 特 性 に 適 し た デ カ ッ プ リ ン グ ポ イ ン ト を 設 定
し て い く