

平成 22 年度技術士第二次試験問題【金属部門】

必須科目 10 時～12 時 30 分

次の 3 問題のうち 1 問題を選んで解答せよ。(解答問題番号を明記し、答案用紙 3 枚以内にまとめよ。)

- 1 2009 年地球温暖化対策として、政府は二酸化炭素(CO₂)など温室効果ガスの排出量を「2020 年までに 1990 年比で 25%削減する」と国連で国際公約として宣言した。既に世界トップクラスの低炭素社会を実現している我が国にとって、削減余地は少なく、厳しいものであるが、一方ではこの目標を達成するため、既に効果を上げている対策や既存技術の普及を加速することと併せて、環境・エネルギー技術の革新と、効率的なシステムの創造が求められる。

(1) そこで、「鉄鋼生産システム」、「非鉄生産システム」、「金属材料」、「表面技術」及び「金属加工」分野から 1 分野を選択して、金属資源の有効利用あるいは環境負荷低減の観点から、既に効果を上げている事例を 1 つ挙げて、その技術内容、技術によって得られる効果及び今後の展開について述べよ。

(2) (1) で述べた事例が他分野に及ぼす影響について述べよ。

- 2 世界的に環境保全に対する関心が高まっている。このような情勢の中で、ハイブリッド車の世界的な需要増加、燃料電池車の研究開発の加速など、各自動車メーカーにおける環境対応車の開発競争は熾烈を極めている。これは金属のエンドユーザーである自動車メーカーのみならず、金属関連分野にも重要な課題である。今後、ますます自動車の姿・中身が大きく変貌すると予想される中、10 年後の自動車像を未来予測し、「鉄鋼生産システム」、「非鉄生産システム」、「金属材料」、「表面技術」及び「金属加工」の分野で問題になるであろう技術的課題、その解決策及び展望について考察せよ。ただし、解答は「鉄鋼生産システム」、「非鉄生産システム」、「金属材料」、「表面技術」及び「金属加工」の 5 分野から 2 分野を選んでそれぞれ述べよ。

- 3 我が国の工業製品が高いコストパフォーマンスと品質競争力を有する背景には、優れた品質(高い信頼性や優れた耐久性)を維持しながら量産化を追求する日本のものづくり企業の体質がある。しかしながら、一般に品質とコストは相反関係にあることが多く、過度のコスト低減策が品質レベルの低下につながる例も少なくない。取り分け、間接コスト(人件費など)の高い我が国では、生産性の向上、製造工程の省力化・自動化、コア技術の水平展開、調達コスト低減を目的とした外注化や海外生産の拡大、サプライチェーン化などに取り組みながら、市場ニーズに合致した製品を低コストで

製造する事が重要である。そこで、以下の問いに答えよ。

- (1) 金属部門で取り組まれる、A：金属素材の生産システム管理、B：金属素材及び金属製品の品質管理、C：金属素材の二次加工性保証の 3 つの重要な役割のそれぞれについて、上記の ~ のコスト削減策の中から有効なものを 2 つ以上選び、それを実施する上でコストと品質を両立させるための問題点とその対策について、具体例を示しながら述べよ。
- (2) 我が国の素材産業の国際競争力を高める上で、今後取り組むべき課題と方策について考えている所を述べよ。

平成 22 年度技術士第二次試験問題【金属部門】

選択科目【7-1】鉄鋼生産システム

次の 2 問題(- 1、 - 2)について解答せよ。

- 1 次の 6 設問のうち 3 設問を選んで解答せよ。(設問ごとに答案用紙を替えて解答設問番号を明記し、それぞれ 1 枚以内にまとめよ。)

- 1 - 1 ルイスの酸・塩基説に基づいた場合、スラグの塩基度はどのような値として定義されるべきか述べよ。また、実用上の塩基度指標である $\text{CaO} / \text{SiO}_2$ と光学的塩基度について、それらの概念とともに、それぞれの利点及び問題点を述べよ。

- 1 - 2 溶銑予備処理方法を 1 つ挙げ、その原理と特徴を述べよ。また、成分ばらつき低減のための主たる対策について述べよ。

- 1 - 3 鋼の連続鋳造におけるモールドフラックスの役割を 3 つ述べ、連続鋳造の更なる高速化を図る場合、モールドフラックスをどのように改良すべきか、そのためにどのような研究開発が必要かについても述べよ。

- 1 - 4 鉄鋼生産や研究開発において利用されている機器分析技術を 2 つ挙げて、それらの測定原理、特長、適用例を説明するとともに、問題点についても述べよ。

- 1 - 5 鋼の二次精錬プロセスを 3 つ挙げて、各々の技術の特徴とその目的について述べよ。

- 1 - 6 製錬工程における非金属介在物の生成原因と低減のための対策を述べよ。

- 2 次の4設問のうち1設問を選んで解答せよ。(答案用紙を替えて解答設問番号を明記し、3枚以内にまとめよ。)

- 2 - 1 高炉の縦断面の概略図を描き、炉頂から炉底までの各帯域の特徴やそこで起こる主要な反応について説明し、シリコンが溶銑中に入るメカニズムと、それを低下させる方法を述べよ。

- 2 - 2 鉄鋼プロセスで用いられるスラグやフラックスの多くは、酸性酸化物である SiO_2 、塩基性酸化物である CaO や Na_2O 、両性酸化物である Al_2O_3 などからなる多成分系シリケートであり、その物性はシリケートの骨格構造の影響を強く受ける。

(1) 溶融した SiO_2 に CaO あるいは Na_2O を加えた場合、骨格構造にどのような変化が起こるか。反応式や図を用いて述べよ。

(2) 上記のシリケートに Al_2O_3 を加えた場合について、同様に述べよ。

(3) このような骨格構造の変化は、粘性係数や熱伝導率にどのような変化を与えるか。一般論として考察できることを述べよ。

- 2 - 3 鉄鋼精錬における高純度化の限界の現状と、技術的問題点及びその解決方法を述べよ。

- 2 - 4 連続鑄造設備の鑄造速度の現状と、速度向上における技術的問題点及びその解決方法を述べよ。

選択科目【7-2】非鉄生産システム

次の2問題(- 1、 - 2)について解答せよ。

- 1 次の6設問のうち3設問を選んで解答せよ。(設問ごとに答案用紙を替えて解答設問番号を明記し、それぞれ1枚以内にまとめよ。)

- 1 - 1 非鉄金属の製造には、電気化学的プロセスが多く用いられているが、これらは大まかに電解精製(Electrorefining)と電解採取(Electrowinning)に分けることができる。これらのプロセスを用いて生産されている金属をそれぞれ1つ選んで、プロセスの概要と両者の相違について具体的に述べよ。また、これらプロセスの機能が各金属の製錬プロセスにおいて必要である理由を述べよ。

- 1 - 2 現在工業的に用いられているチタンの製錬方法の概要を述べるとともに、現状プロセスの問題点を述べよ。

- 1 - 3 亜鉛は乾式製錬プロセスと湿式製錬プロセスの両者により生産されている。各々のプロセスの概要(プロセスフロー、原料、製品、エネルギー原単位)を述べるとともに、各々のプロセスによる製品の特徴について述べよ。

- 1 - 4 一般に「金属はリサイクルの優等生」と言われている。代表的な金属を1つ選び、そのリサイクルプロセスについて述べるとともに、リサイクル性を向上させるために必要な方策について述べよ。

- 1 - 5 銅、亜鉛、鉛、アルミニウムの中から1つ選び、当該金属の特性と関連させて、主な工業的用途について述べよ。

- 1 - 6 同じ非鉄製錬の電解採取法でも、アルミニウムは銅や亜鉛に比較して、その電力原単位(生産金属重量当りの電力使用量)が著しく大きい。その要因について述べよ。

- 2 次の3設問のうち1設問を選んで解答せよ。(答案用紙を替えて解答設問番号を明記し、3枚以内にまとめよ。)

- 2 - 1 代表的な非鉄金属である銅、アルミニウム、亜鉛、鉛の中から1つを選択し、その代表的な製錬法を説明し、当該製錬法が自然科学や工学の基本的原理をどのように利用しているかについて述べよ。

- 2 - 2 亜鉛の電解採取製錬法に関して、亜鉛の電気化学当量と硫酸溶液における理論析出電位から、理論的に必要とされる電力量(kWh/t - 亜鉛)を明らかにし、実操業における消費電力量(おおよそ3,000kWh/t - 亜鉛)との差を考察し、その削減について述べよ。

必要な物理量等については、以下の通りとする。

ファラデー定数：96,500 クーロン/モル

1クーロン = 1A・秒

亜鉛の原子量：63.39(g/モル)

硫酸酸性溶液における亜鉛の理論析出電位：2.0V

同上溶液における酸素の還元電位 : 0.7V

- 2 - 3 近年、希少資源といわれるレアメタル系の素材が高騰して話題を呼んでいる。レアメタルとはどのような元素を指すか。レアメタルの中から3つを選び、その原料と製錬方法並びにその用途について述べよ。

選択科目【7-3】金属材料

次の2問題(- 1、 - 2)について解答せよ。

- 1 次の6設問のうち3設問を選んで解答せよ。(設問ごとに答案用紙を替えて解答設問番号を明記し、それぞれ1枚以内にまとめよ。)

- 1 - 1 金属及び合金(又は化合物)の物性に関する(1)～(3)の項目から1項目を選び、各項目に列挙した代表的な～の物理的性質(状態)について、それぞれの性質(物性)を有する金属又は合金(又は化合物)の例を挙げた上で、その物理的性質(状態)の特徴について簡潔に述べよ。

(1)金属の結合状態： 金属結合、 遷移金属結合、 イオン結合、 共有結合

(2)半導体の種類： 真性半導体、 p型半導体、 n型半導体、 化合物半導体

(3)磁性体の種類： 強磁性、 反強磁性、 フェリ磁性、 ヘリカル磁性

- 1 - 2 実用鋼に添加される0～2.0mass%までの炭素含有鋼について、鉄(Fe) - 炭素(C)二元系平衡状態図を図示し、鋼の組織形成上重要な温度()、炭素濃度(mass%)、平衡相の名称と結晶構造を図中に記入せよ。その上で、鋼の凝固割れと密接に関係する“包晶反応”と、鋼の組織制御上重要な“共析変態”について、それぞれ図中に明記した上で各々の相分解過程について簡潔に述べよ。

- 1 - 3 非鉄金属材料である、Al、Ti、Mgに関して以下の問いに答えよ。

(1)Al系、Ti系、Mg系実用合金における代表的な相の結晶構造について図示して述べよ。

(2)3つの材料の弾性率と密度を比較することにより、構造材料としての用途について簡潔に述べよ。

(3)3つの材料における変形機構及び強化機構について、組織と関連させて簡潔に述べよ。

- 1 - 4 物質の誘電的性質に関する以下の問いに答えよ。

(1)誘電性、圧電性、焦電性、強誘電性の関係を説明せよ。

(2)結晶中の分極の主な4つの機構について説明せよ。

(3)分極率の周波数依存性及びその測定原理について簡潔に述べよ。

- 1 - 5 大型構造物、大型圧力容器、発電設備、大型化学プラントなどにおいては、疲労破壊、応力腐食割れ、遅れ破壊、クリープ破断、などの損傷の克服が極

めて重要な課題である。以下の問いに答えよ。

- (1) ~ の破壊機構について説明せよ。
- (2) 実機で上記の4つの破壊現象が生じる具体的な事例について簡潔に述べよ。
- (3) それぞれの破壊現象に対する対策について簡潔に述べよ。

- 1 - 6 引張り試験法は、金属及び合金の機械的諸特性を知る上で最も普遍的かつ汎用的な方法である。取り分け、均一変形時の流動応力の変化と塑性変形の様子を知ることが、金属及び合金の諸性質を的確に把握する上で極めて有効である。そこで、以下の(1)~(3)の特性値について、それらの物理的意味、測定法(求め方)、測定値と密接に関係する機械的性質について述べよ。

- (1) 加工硬化指数(n 値)
- (2) ひずみ速度感受性指数(m 値)
- (3) 塑性異方性(r 値)

- 2 次の4設問のうち1設問を選んで解答せよ。(答案用紙を替えて解答設問番号を明記し、答案用紙3枚以内にまとめよ。)

- 2 - 1 金属及び合金の代表的な強化手法として、固溶強化、析出強化(分散を含む)、細粒化強化(粒界強化)、加工強化(転位強化)が知られている。(鉄鋼材料で多用される変態強化は除く。)そこで、以下の問いに答えよ。

(1) ~ の強化手法について、その強化機構を転位論に基づいて述べよ。(以下のパラメータに関しては定義する事無く適宜使用して良い。その他必要なパラメータに関しては適宜定義して使用すること。)

応力及び応力上昇量： σ 、 $\Delta\sigma$ 溶質元素濃度： C 剛性率： μ

結晶粒径： d 析出物又は分散粒子半径： r

析出物又は分散粒子間隔： L 析出物または分散粒子による母相の格子ひずみ： ϵ

析出物又は分散粒子の体積率： f 第二相体積率： V_f

転位のバーガースペクトル： b 転位密度： ρ

(2)(1)で挙げた強化手法のうちいずれか1つについて、具体的な化学成份例を示した上で、その強化の限界と製造上の課題について述べよ。

(3)(2)で例示した組成の金属及び合金について、強度特性を維持しながら省合金化あるいは安価成分への置換を実現するための方策について考察せよ。

- 2 - 2 金属及び合金の機械的、物理的、化学的性質などは、その金属組織や相構造を適正に制御する事によって向上する。結晶粒の形態制御、構成相の複合化又は複層化、金属組織の傾斜化、結晶方位分布密度の制御(集合組織制御)などはその一例である。そこで、以下の問いに答えよ。

(1) ~ の方法によって特性向上が図られる金属及び合金の事例を、それぞれのケースについて挙げ、組織制御によって向上する特性と組織との因果関係について述べよ。

(2)(1)で挙げた事例のうち1例について、その特性向上のメカニズムについて物理的意味を踏まえて考察せよ。

(3)新材料、新機能創成の観点から、金属組織制御の意義について考えている所を述べよ。

- 2 - 3 元素戦略における重要な施策は、合金使用量の低減、希少金属元素の代替、金属資源の循環使用、元素使用の規制などである。そこで、以下の問いに答えよ。

(1) ~ の施策について元素戦略上重要となる事例をそれぞれのケースについて挙げ、その内容について述べよ。

(2)(1)で挙げた事例のうち 1 例について、対象とした元素の役割について物理的意味を踏まえて考察せよ。

(3)元素戦略の意義について考えている所を述べよ。

- 2 - 4 環境負荷を考慮したエネルギーの高効率利用に関して、火力発電、原子力発電、太陽光発電、風力発電、バイオマス発電、などにおける技術革新が求められている。そこで、以下の問いに答えよ。

(1) ~ の発電方式から 3 つを選んで、その発電原理を図示して述べよ。

(2)(1)で述べた 3 つの発電方式における、材料面での技術課題及びそれらを解決するための方策について述べよ。

(3)エネルギーの高効率利用における金属材料の役割について考察せよ。

選択科目【7-4】表面技術

次の2問題(- 1、 - 2)について解答せよ。

- 1 次の5設問のうち3設問を選んで解答せよ。(設問ごとに答案用紙を替えて解答番号を明記し、それぞれ1枚以内にまとめよ。)

- 1 - 1 溶射法は、有益な表面処理技術として広く知られている。しかしながら成膜した皮膜の気孔率はその特性を大きく左右する。気孔率の測定法について述べよ。

- 1 - 2 耐候性鋼は、「さびをもってさびを制する」という発想のもとに生まれた有益な耐食材料の一つである。その特徴を炭素鋼と比較しながら述べよ。

- 1 - 3 金属材料への耐食性付与を目的に行われる表面処理から一手法を取り上げ、(a)プロセス方法、(b)改善された特性の評価法について述べよ。

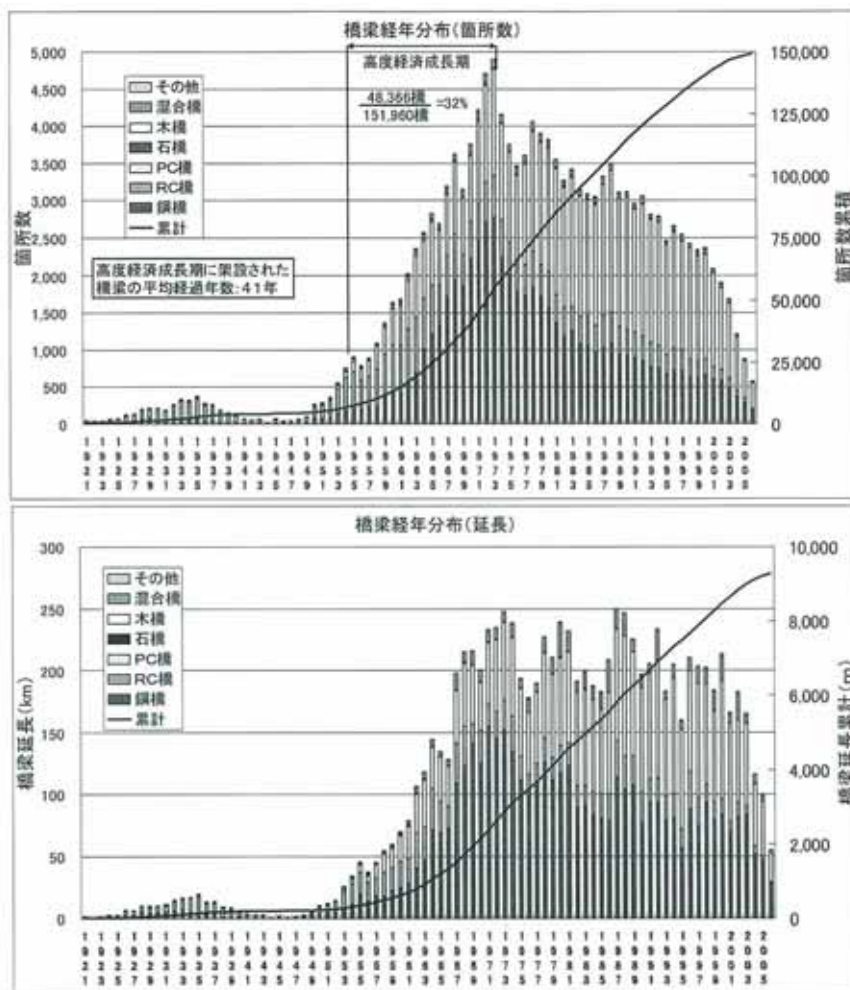
- 1 - 4 金属材料へのセラミックスなどの非金属被覆について、(a)被覆される材料と被覆方法、(b)期待される効果について述べよ。

- 1 - 5 エロージョンは、流体の種類によって4種類に大別される。その中から2つを選び、それぞれの場合について述べよ。

- 2 次の4設問のうち1設問を選んで解答せよ。(答案用紙を替えて解答設問番号を明記し、3枚以内にまとめよ。)

- 2 - 1 屋内で使用していたプリント基板が腐食により破損した。原因究明のため考慮すべき腐食因子を列挙し、さらにその技術的対策法を述べよ。

- 2 - 2 次頁に示す図は我が国の「橋梁(供用中)の経年分布」を示したものである。これらを参考にして、今後橋梁で発生するあるいは既に発生していると予想される課題を材料の環境劣化という観点から抽出し、その技術的対策について述べよ。



注：1.橋梁は15m以上のH19.4.1時点供用中の道路橋を対象

2.建設年が1920年以前の橋梁、建設年が不明の橋梁および建設年が2007年の橋梁はグラフから除外

3.高度経済成長期：1955年～1973年

(出典：国土交通省 国土技術政策総合研究所資料 No.545「平成20年度道路構造物に関する基本データ集」)

- 2 - 3 金属の機械的特性向上を目的に施される表面処理について、例を1つ挙げ、(a)表面処理プロセスとその特徴、(b)得られた特性の評価及び(c)将来動向について述べよ。

- 2 - 4 イオンを用いた金属材料の表面処理に関して、(a)技術的な特徴、(b)工業的な適用例及び(c)市場動向と開発課題について述べよ。

選択科目【7-5】金属加工

次の2問題(- 1、 - 2)について解答せよ。

- 1 次の6設問のうち3設問を選んで解答せよ。(設問ごとに答案用紙を替えて解答設問番号を明記し、それぞれ1枚以内にまとめよ。)

- 1 - 1 熱処理技術は、目的によって3つに大別される。その1は、焼きなまし、焼きならしなどの操作による標準化処理、その2は、焼き入れ、焼き戻し等による硬化、強靱化処理、その3は、浸炭や窒化などによる表面改質処理である。適切な機械構造用合金鋼(強靱性鋼、高強度鋼、表面硬化用鋼)を想定して、下記の解答例(完全焼きなまし)にならって、(1)焼きならし、(2)焼き入れ、(3)焼き戻し、(4)浸炭処理、(5)窒化について、操作(処理温度、冷却速度、用いるガスの種類等)、得られる典型的組織(粒径、パーライト組織、マルテンサイト相、析出物等)と機械的特性を述べよ。解答形式は、(1)~(5)の各々について、操作、組織、機械的特性の区別がつけば自由とする。

(解答例)

熱処理技術	操作	組織	機械的特性
完全焼きなまし	A3 もしくは A1 以上の温度に加熱後、炉冷	標準的混粒組織(結晶粒度 No.6~8)で初析フェライト又はセメントタイトと層状パーライト組織	組織の均質化による均一な機械強度

- 1 - 2 鑄造時に発生する欠陥には、気泡巣、湯境い、収縮割れ、鑄張り、酸化物及び湯垢の巻き込み、収縮巣、湯回り不良、等がある。それらのうち、(1)湯境い、(2)収縮割れ、(3)収縮巣、(4)湯回り不良について、下記の解答例(気泡巣)にならって、欠陥が発生する原因、欠陥発生に対する溶融加工法上の対策、それらに対応する鑄型設計の修正があれば記せ。

解答形式は、(1)~(4)の各々について、欠陥が発生する原因、溶融加工法上の対策、鑄型設計の修正の区別がつけば自由とする。

(解答例)

欠陥	原因	溶融加工法上の対策	鑄型設計の修正
気泡巣	溶湯中のガスの吸収	1. ガス抜きをする。 2. 反応してガスを発生する材料を除去する。 3. 脱ガスを行う。	大きな流速となる押し湯系を避ける。

- 1 - 3 金属薄板材料の製造あるいは出荷の段階において、引張試験及び成形性試験の両方を実施することが多い。それら両方の試験を行う意義と両方の試験により得られる結果の相違について、具体的な試験法を例に挙げて説明せよ。

- 1 - 4 金属加工法として鍛造を用いる意義を述べよ。また、自由鍛造及び型鍛造により製造される代表的製品を1つずつ挙げ、それらの加工方法、課題及び対策について説明せよ。

- 1 - 5 溶接時に発生する割れは、その発生温度から低温割れと高温割れに分類される。それぞれの割れの発生部位、発生状況などの特徴について述べよ。さらに、それぞれの割れを発生させる要因を挙げ、発生原因と防止策について述べよ。

- 1 - 6 溶接熱によるひずみや変形は、構造物製作には大きな障害となるため、溶接変形の防止は重要であり、その対策は設計段階で実施すべきものと、施工段階で実施すべきものがある。設計段階、施工段階それぞれについて3項目以上挙げ、さらに、変形を防止する効果が得られる理由について述べよ。

- 2 次の3設問のうち1設問を選んで解答せよ。(答案用紙を替えて解答設問番号を明記し、3枚以内にまとめよ。)

- 2 - 1 素形材加工としての粉末焼結加工において、高密度化を図るための方策を3つ述べよ。また、具体的に、粉末焼結加工により製造されている自動車部品2点と家電部品2点を上げ、その特徴を述べよ。

- 2 - 2 溶接されたオーステナイト系ステンレス鋼を例えば海水環境で使用する場合、鋼材に比べて溶接部(溶接金属と熱影響部)で腐食が発生しやすくなる。また、ステンレス鋼の鋼種により腐食発生場所に変化が現れる。代表的なステンレス鋼種の溶接金属と熱影響部について、それぞれの耐食性劣化原因と防止策及び耐食性回復策について述べよ。

- 2 - 3 材料置換により自動車の車体重量を軽減できる金属材料として、高強度鋼板、アルミ合金、マグネシウム合金が考えられる。これらの材料を実際に自動車部品に適用する際の最適な材料加工方法、課題及び対策について、大量生産及び少量生産の両方の場合の経済性を考慮して論ぜよ。