

No	日付	劣化事象	資料名	該当ページ	コメント内容	コメント対応	回答日	完了日
1	2023年6月19日	その他	高経年化技術評価書別冊 ポンプ		フライホイールが評価対象部位に抽出されていない理由を説明すること。	劣化状況評価の対象は、安全重要度クラス1、2及び安全重要度クラス3のうち高温・高圧環境に該当する機器・構造物並びに常設重大事故等対処設備に属するものとしており、1次冷却材ポンプのフライホイールはクラス3であるが、高温・高圧環境に該当しないため評価対象部位としていない。	7月25日	7月25日
2	2023年6月19日	その他	高経年化技術評価書別冊 熱交換器	26	高圧第7給水加熱器の伝熱管へのスケール付着の可能性は小さいと評価しているが、低圧及び高圧給水加熱器は伝熱管材料が銅合金からSUSのものに取り替えられている。伝熱管材料をSUSにすると、SUSとスケールの間に電位(+)、(-)が発生し、銅合金の場合と比較してスケールが付着しやすくなるのではないかと、スケール付着の可能性を小さいとする理由を説明すること。	スケール付着の発生は材料とスケール界面の固着力の違いや表面粗さ等、材料間で差が出る可能性はあるが、高pH運転の導入により炭素鋼配管の減肉(FAC)の発生が抑制され鉄分の供給量が大きく減少することから、その材料に関わらずスケールの量が抑制されるためスケール付着量も抑制されると考えられる。	7月25日	7月25日
3	2023年6月19日	その他	高経年化技術評価書別冊 熱交換器	10	二次側への鉄持込量については、高浜4号炉と比較して十分小さいことを確認しているとしており、その確認方法を具体的に説明すること。また、高浜4号を比較炉として選定した理由について説明すること。	高浜4号機において発生した蒸気発生器伝熱管の摩耗減肉については、蒸気発生器2次側への鉄の持ち込みによるスケール発生が原因と考えられており、その水平展開として玄海3号炉においては鉄の持ち込み量の監視を実施している。監視は営業日毎の給水鉄濃度の測定結果を用いて計算され、積算結果の報告を受けている。上記により算出された鉄の持ち込み量を事象が発生した高浜4号の鉄持ち込み量と比較することで事象発生の可能性が小さいことを確認している。	7月25日	7月25日
3-1	2023年9月25日	その他	高経年化技術評価書別冊 熱交換器		鉄の持ち込み量を監視している場所は高浜4号炉と同じか。	高浜と同様に高圧給水加熱器出口にて測定した結果を用いて監視を行っている。		
4	2023年6月19日	SCC	高経年化技術評価書別冊 熱交換器	14 16	原子炉容器出入口管台については、過去にSCC対策としてウォータージェットピーニングを施工したものの、第16回定期検査時(2021年度～2022年度)に更なる予防保全の観点から、当該部位を690系Ni基合金にて溶接を実施している。その一方で、蒸気発生器の冷却材出入口管台には第11回定期検査時(2008年度)に超音波ショットピーニングを施工しているが、その後、原子炉容器と同様な更なる予防保全対策は実施されていない。その理由(予防保全の考え方)を説明すること。 また、超音波ショットピーニングを施工することで「SCCが発生する可能性はないと考える。」とする根拠を提示すること。 なお、P16の「表2.2-1」等では、当該部位のSCC発生の可能性は「十分低い」と記載されており、評価に齟齬がある。この理由を説明すること。	SGIについては、ピーニング施工前の検査としてECTを実施しており、ピーニング施工前の時点で欠陥は存在していないことが確認できるため、NISAから「PWSCC防止の有効性が実証された部位として取り扱うことが可能」と評価されている。 一方、RV出入口管台においては、施工前検査としてECTではなくVTが行われており、「PWSCC防止の有効性が実証された部位」として扱うことができない事から690合金溶接による更なる予防保全を実施した。 なお、SCC発生の可能性の表現については両者とも同等であることを踏まえ、「可能性は十分に低い」という表現に見直すこととする。	7月25日	7月25日
4-1	2023年9月25日	SCC	高経年化技術評価書別冊 熱交換器		「…、NISAから「PWSCC防止の有効性が実証された部位として取り扱うことが可能」と評価されている。」とは、「亀裂その他の欠陥の解釈」の記載を引用されていると理解して良いか。そうであれば、亀裂の解釈では「…応力腐食割れ防止の有効性が実証された対策を施した部位」としており、ピーニング施工前の施工面の確認を行う手法は問うてはいない。 過去にRV出入口管台内面に施工したウォータージェットピーニング施工部位に、その後の検査等で欠陥を疑うような指示が見つかったため、ピーニング施工部位をはずり取り、690合金のクラッド溶接を施工したのか、もしくは、更なる信頼性向上のために690合金のクラッド溶接を施工したのか。また、690合金をクラッド溶接する前の施工面の確認方法は、目視以外の非破壊手法による確認か。	NISA文書「法適合事前確認手続 回答通知書(第55条第1項 平成21年11月18日)」に基づく「① 渦流探傷試験の検出限界の亀裂を想定し、② 亀裂の先端から延性亀裂が発生・進展せず、亀裂周辺であっても表面に圧縮応力が得られ、施工後に応力腐食割れの進展がないことが確認されている」場合に「応力腐食割れ防止の有効性が実証された対策を施した部位」と整理することができるとされております。 SG出入口管台については、① 深さ0.5mmの欠陥が検出可能であることが試験で確認されているECTを実施したうえで、② 表面から1mm深さの位置まで残留応力がOMPa以下(圧縮)となることが確証試験により確認されているUSPの実施をもって、対策を施した部位として取り扱っている。 RV出入口管台については欠陥が疑われる指示が見つかったためではなく、ピーニングによる応力緩和を実施しているものの、施工前の検査としてVTが用いられており①の条件を満たすことができず、「応力腐食割れ防止の有効性が実証された対策を施した部位」として扱うことができないため、更なる信頼性向上のため690クラッド溶接を施工している。 なお、RV出入口管台のクラッド施工前にはPTを実施している。		
5	2023年6月19日	その他	高経年化技術評価書別冊 容器		「2.1 構造、材料及び使用条件(1)構造」において、「なお、加圧器本体の各管台のうち、スプレイト用管台、…については、第13回定期検査時に管台の取替えを実施しており、」と記載されており、管台そのものを取替えたように読み取れるが、そのように理解して良いか。	正確には管台とセーフエンドの溶接部の材料変更であるため記載の適正化を実施する。	7月25日	7月25日
6	2023年6月19日	SCC	高経年化技術評価書別冊 容器		「(4)シース、プラグの応力腐食割れ」において、シースについては、発生及び進展に対する評価を実施しているが、プラグについては、進展のみの評価となっている理由を説明すること。	プラグ表面で応力腐食割れが発生したとしても、プラグの内部は進展が認められない硬さであり、機能上問題となる応力腐食割れが発生しないことから、進展に着目した記載となっているが、プラグ表面は機械加工により応力腐食割れが発生する可能性は否定できないことから、当該記載を追記する。	8月15日	8月15日

玄海原子力発電所3号炉 高経年化技術評価に係るヒアリング  
コメント反映整理表<その他>

2023年10月16日 九州電力㈱

No	日付	劣化事象	資料名	該当ページ	コメント内容	コメント対応	回答日	完了日
7	2023年6月19日	その他	高経年化技術評価書別冊 配管		配管減肉の管理は、「2次系配管肉厚管理指針」(社内文書)に基づき実施しているが、この指針は常時、流体が流れている配管のみを対象としているのか説明すること。また、そうである場合、常時、流体が流れていない配管の減肉管理方法を説明すること。	「2次系配管肉厚管理指針」においては、常時、流体が流れている配管に加え、常時、流体が流れていない配管(クリーンアップライン、補助蒸気ドレントラップライン等)についても知見拡充等を目的として肉厚管理の対象としている。	8月15日	8月15日
8	2023年6月19日	SCC	高経年化技術評価書別冊 配管		母管(ステンレス鋼)とセーフエンド(ステンレス鋼)の溶接部も評価対象としていることが分かるように評価書の記載を充実すること。	回答資料 玄海3号炉-その他-8のとおり。	8月15日	8月15日
9	2023年6月19日	SCC	高経年化技術評価書別冊 炉内構造物	30	SCCを日常劣化管理事象(Δ)としているが、これはラジアルキーが対象か、それとも、キーの取付ボルトを対象としているのか説明すること。また、ラジアルキーに摩耗を懸念する必要の有無について説明すること。	ラジアルキーについては、材質及び使用環境を考慮し、保守的にSCCの評価対象としているものであり、ラジアルキー全体を評価対象としている。 また、ラジアルキーは炉心の位置決め機能を有しているが、運転中に有意な応力が作用しないことから摩耗の評価対象外としている。	8月15日	8月15日
10	2023年6月19日	その他	高経年化技術評価書別冊 空調設備	11	伸縮継手に使用されている合成ゴムの評価において、環境的要因による劣化が想定されるとしているもの、周囲温度のみを考慮した評価に読み取れる。ゴムの劣化要因には熱の他、酸化や湿気も考えられるが、これらを考慮した評価は実施されているのか説明すること。	ダクトの伸縮継手に使用しているゴムについてはクロロブレンゴム及びシリコンゴムの2種類があり、いずれのゴムも日本ゴム協会の「ゴム技術の基礎」において耐老化性、耐光性に優れていると評価されており温度以外の条件に対しても耐性を有していることを確認している。 なお、いずれのゴムも使用可能温度が定められており、当該温度範囲内での使用であれば問題ないと考えられるものの、劣化要因として管理しているものである。	7月25日	7月25日
11	2023年6月19日	SCC	高経年化技術評価書別冊 機械設備	16	ラッチハウジングと駆動軸ハウジングの溶接部について、SCCを日常劣化管理事象(Δ)としない理由を説明すること。	制御棒クラスタ駆動装置のラッチハウジングと駆動軸ハウジングについては、原子炉容器上蓋取替に伴い、SCC対策としてSUSF316製のハウジングを採用しておりそれを溶接にて接続している。また、狭隙部となるキャノピーシールを廃止した構造としている。(過去SUS304製のキャノピーシール構造での漏洩事象は確認されているが、SUS316製のキャノピーシール構造での漏洩事象は確認されていない。) 従って、制御棒クラスタ駆動装置のラッチハウジングと駆動軸ハウジングの溶接部に対して、SCCを想定していない。	7月25日	7月25日
12	2023年6月19日	その他	高経年化技術評価書別冊 コンクリート構造物及び鉄骨構造物		tendonの緊張力の低下を評価するにあたって、PC鋼線の端部を球状に加工したボタンヘッド部の劣化を考慮する必要はないか。	ボタンヘッド部を含む緊張材定着部の劣化は、緊張力低下における劣化要因のうち「腐食」、「疲労」に含まれる。緊張材定着部は、グリースキャップで密閉されており、防錆材が充填されているため、ボタンヘッド部を含めて腐食する可能性はない。また、ボタンヘッド部を含むプレストレスシステムの疲労試験を施工に先立ち実施しており、疲労破壊する可能性は極めて低いことを確認している。したがって、ボタンヘッド部の腐食、疲労による緊張力低下については、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断している。なお、供用期間中検査の際に目視検査により緊張材定着部に有意な腐食等がないことを確認している。	7月25日	7月25日
12-1	2023年9月25日	その他	高経年化技術評価書別冊 コンクリート構造物及び鉄骨構造物		緊張力の低下には、ボタンヘッド部の加工の出来具合は関係しないと理解して良いか、また、グリースキャップは容易に緊張材定着部の内部を確認できる構造となっているのか。	回答資料 玄海3号炉-その他-12-1のとおり。		
13	2023年6月19日	SCC	補足説明資料(共通事項)		表1-1、番号120について、仏国、大飯3号のステンレス鋼配管でSCCが発生しているが、玄海3号炉では母管(内面)の応力腐食割れをΔ1事象とする理由を説明すること。	ステンレス鋼配管の溶接部については、応力腐食割れ性に優れたSUS316系を使用しており、溶接部を対象とした超音波探傷検査又は漏えい検査により機器の健全性を確認していることから、ステンレス鋼配管の内面SCCをΔ1としている。 一方、仏国のPWRのステンレス鋼(SUS316系)配管でSCCが検出された当該事象の発生時期は、2021年10月であり、現在、原因調査中との認識である。また、玄海3号炉の技術評価における国内外の運転経験及び最新知見の確認にあたっては、2020年3月までとしていることから確認対象とはしていなかった。 なお、当該事象に対しては、今後も引き続き注視し必要に応じて対応していく。 また、大飯3号の事象は評価書において「溶接部の施工条件に起因する内面からの粒界割れ」と整理しており、調査の結果「過大な溶接入熱」と「形状による影響」が重畳したことで表層近傍において特異な硬化が生じ、この特異な硬化が亀裂の発生に寄与したと推定されている。 したがって、大飯3号の事象は特異な事象と判断していることから、高経年化対策上着目すべき劣化事象ではないと判断している。	7月25日	7月25日

玄海原子力発電所3号炉 高経年化技術評価に係るヒアリング  
コメント反映整理表<その他>

2023年10月16日 九州電力㈱

No	日付	劣化事象	資料名	該当ページ	コメント内容	コメント対応	回答日	完了日
14	2023年6月19日	SCC	補足説明資料 (共通事項)		表1-1、番号121について、2007年9月、美浜2号炉のA-蒸気発生器本体冷却材入口管台セーフエンド(ステンレス鋼製)内面において、非常に軽微な粒界割れが管台と溶接部境界近傍の機械加工部において確認されている。玄海3号炉のステンレス鋼配管溶接部における同様の機械加工部の有無について説明すること。	玄海3号炉の蒸気発生器本体冷却材入口管台セーフエンド部が美浜2号炉で起きた事象と同様な機械加工部として該当する。 玄海3号炉の蒸気発生器の冷却材出入口管台については、超音波ショットピーニング(応力緩和)を施工しており、応力腐食割れが発生する可能性はないと考える。 また、冷却材出入口管台の応力腐食割れに対しては、機器点検時に溶接部の超音波探傷検査及び浸透探傷検査により有意な欠陥がないことを確認し、漏えい検査により耐圧部の健全性を確認している。	7月25日	7月25日
14-1	2023年9月25日	SCC	補足説明資料 (共通事項)		セーフエンドの1次冷却材管との継手側の内面に対するSCC対策の有無を説明すること。 また、原子炉容器のセーフエンドと1次冷却材管との継手に対するSCC評価も説明すること。	蒸気発生器冷却材出入口管台のセーフエンドと1次冷却材管の継手側の溶接部及び溶接部近傍、原子炉容器出入口管台のセーフエンドと1次冷却材管との溶接部及び溶接部近傍については、建設時に溶接部内面の裏波部をシンニング部の母材まで面一に仕上げしており、初層溶接による表層の硬化範囲を除去している。また、浸透探傷検査を実施していることから、当該部は浸透探傷検査の前には、標準的なパフ施工を実施している。 また、当該溶接部及び溶接部近傍については、維持規格(項目番号B9.11(配管の同種金属溶接継手、周継手))に基づき、定期的(1回/7年(検査範囲25%))に超音波探傷検査を実施し、有意な欠陥がないことを確認している。		
15	2023年6月19日	SCC	補足説明資料 (共通事項)		ステンレス鋼配管のUTにおいて、探傷不可能箇所及びその箇所に対するJEA4207の4500溶接部を透過した探傷の適用状況または適用計画を提示すること。	玄海3号炉においては、一部において探傷不可範囲が認められた箇所はあったが、JEA4207(4500 オーステナイト系ステンレス鋼溶接部金属部を透過させる探傷)(以下、「JEA4207」という。)に要求されている適用条件を満たすものではなかったことから、現時点においてはJEA4207を適用した実績はない。 また、適用計画については明確に定めたものはないが、今後の定期検査にて探傷不可範囲があり、JEA4207に要求される適用条件を満たす場合は適用することとなる。	8月15日	8月15日
16	2023年6月19日	SCC	—	—	亀裂の解釈の別紙1 非破壊検査の方法についての6. では、「加圧水型軽水炉において、原子炉格納容器内の呼び径が40Aを超えるクラス2配管(再生熱交換器連絡配管を含む。)であって、原子炉運転中のクラス1配管内と同温・同圧の1次冷却材が流れる範囲の突き合わせ溶接継手については、維持規格のIC-1220 試験免除機器)及び「表IC-2500-5 試験力テゴリと試験部位および試験方法」の規定によらず、検査間隔中全ての溶接継手数の25%について、溶接部に対し超音波探傷試験を行うこと。」を要求している。玄海3号炉の再生熱交換器連絡管以外での対象の有無について説明すること。	クラス2配管(原子炉格納容器内)特別検査として実施しており、対象としては再生熱交換器連絡管以外に充てんライン、抽出ラインが対象である。	7月25日	7月25日
17	2023年6月19日	腐食(全面腐食)	補足説明資料 (共通事項)		表1-1、番号126に関連して、配管肉厚管理要領書に基づき、UTによる肉厚測定を実施している箇所とその結果を説明すること。また、最大の減肉率の箇所を例に今後の対応を説明すること。併せて、残存寿命の短い配管系統を示すこと。	回答資料 玄海3号炉—その他—17のとおり。	7月25日	7月25日
18	2023年6月19日	腐食(全面腐食)	補足説明資料 (共通事項)	6-1-52	573と576で評価内容がほぼ同一にもかかわらず事象区分が異なる(Δ①とΔ②)理由を説明すること。	分類については、評価内容を基にΔ①とΔ②を分類している。 573の事象については、評価内容に一部不要な記載が含まれており、分類がΔ①となっていたため評価内容及び評価区分を修正しΔ②とする。	7月25日	7月25日
19	2023年6月19日	サーマルスリーブの 摩耗	補足説明資料 (共通事項)	7-1-4	表2-1、番号511について「国内PWRプラントにおいては、2019年に、頂部プレナムへのパイパス流量比が大きく、ワークレート(摺動速さと接触荷重の積)が大きい標準型4ルーブプラントのうち、上部ふたの供用年数が比較的長いプラントを代表プラントとして、サーマルスリーブの摩耗状況の確認のためにサーマルスリーブの下降量を計測しているが、直ちにフランジ部の破断に至るような摩耗の進展は認められておらず、玄海3号炉については、第17回定期検査時(2023年度)に原子炉容器の上部ふた取替に合わせてサーマルスリーブも取替えず予定であり、摩耗状況を確認した国内代表プラントよりも供用期間が短いことから、直ちにフランジ部の破断に至るような摩耗が生じる可能性は小さい。」と記載されているが、何時間使用したプラントと玄海3号炉の今後の運転時間を比較しているのか説明すること。	摩耗状況を確認した国内代表プラントは玄海4号炉であり、評価時の運転年数は約13.5 EFPYである。 摩耗による下降量の予測値は、摩耗が最大であった箇所において、計測誤差を考慮した保守的な値を用いて算出している。 その結果、破断基準値である60.0 mmに到達するまでは、70.0 EFPY以上であったため、直ちに破断には至らない。 玄海3号炉の今後の運転時間は、上部ふた取替(サーマルスリーブ含む)である第17回定期検査時(2023年度)から運転開始後60年時点まで約28.0 EFPYであり問題ないと考える。	7月25日	7月25日

No	日付	劣化事象	資料名	該当ページ	コメント内容	コメント対応	回答日	完了日
20	2023年6月19日	フレット疲労	補足説明資料 (共通事項)	別紙 8-2	評価曲線は、108回までのデータで最も厳しい下限線を1011回まで外挿し設定したものをを用いているが、1011回までとした根拠及び外挿した疲労限の妥当性を説明すること。	評価曲線は、日本機械学会により示されている主軸の曲げ応力振幅と繰返し回数との間の割れ発生関係であり、評価曲線が水平部(疲労限)に至った繰返し回数として $10^{11}$ 回まで外挿した応力(14.7 N/mm <sup>2</sup> )を疲労限としている。疲労限は、日本機械学会データとメーカーデータ(試験データ、き裂未発生の運転実績データ)との比較評価にて妥当であることを確認している。 なお、「原子力発電所の高経年化対策実施基準 2008、解説C-6-2」に記載のとおり、これまでの高経年化技術評価においても同様に、評価曲線のうち最も厳しい下限線を $10^{11}$ 回まで外挿した応力を疲労限としている。	7月25日	7月25日
20-1	2023年9月25日	フレット疲労	補足説明資料 (共通事項)		外挿して求めた応力(14.7N/mm <sup>2</sup> )の求め方を具体的に説明すること。また、充てんポンプに発生する曲げ応力振幅(11.6N/mm <sup>2</sup> )の算出根拠を説明すること。	玄海1号機余熱除去ポンプの主軸損傷事象を受けた実験データに基づき、主軸嵌め合い部の重圧に関わらず、相対すべりが約20μm未満では亀裂の発生が無いことが得られたことから、約20μmに対応する曲げ応力(2.0 kg/mm <sup>2</sup> )に余裕を考慮した応力として14.7 N/mm <sup>2</sup> (1.5 kg/mm <sup>2</sup> )を設計許容曲げ応力(疲労強度)として設定している。 フレット疲労に用いる疲労曲線は、「金属材料 疲労強度の設計資料1(改訂第2版)(日本機械学会)」の評価曲線のうち最も厳しい下限線を一般疲労と同様に設計許容曲げ応力(14.7N/mm <sup>2</sup> )まで外挿したものである。 なお、充てんポンプに発生する曲げ応力振幅(11.6N/mm <sup>2</sup> )は、材料力学の両端支持梁モデルにより、主軸自重・羽根車自重・ラジアルスラストを考慮し算出している。詳細な算出過程については、玄海3号炉-その他-20-1のとおり。		

玄海3号炉—その他—12-1

<p>タイトル</p>	<p>緊張力の低下には、ボタンヘッド部の加工の出来具合は関係しないと理解して良いか。また、グリースキャップは容易に緊張材定着部の内部を確認できる構造となっているのか。</p>
<p>説明</p>	<p>ボタンヘッド部の加工は、専用の加工器具にて油圧による冷間加工を自動で行っており、品質のばらつきは極めて少ない。また、加工後には設計寸法を満足していることを検査により全数確認している。なお、国内の事例では、これまでボタンヘッドの劣化による破断事象などは確認されていない。</p> <p>グリースキャップについては、図1 定着部詳細図に示すようにボルトで固定されており、取り外すことで内部を確認できる構造となっている。</p> <div data-bbox="438 990 1300 1288" data-label="Image"> </div> <p>図1 定着部詳細図</p>

玄海3号炉—その他—20—1

<p>タイトル</p>	<p>充てんポンプに発生する曲げ応力振幅 (11.6 N/mm<sup>2</sup>) の算出根拠を説明すること。</p>																	
<p>説明</p>	<p>充てんポンプに発生する曲げ応力振幅 (11.6 N/mm<sup>2</sup>) は材料力学の両端支持梁モデルにより、主軸自重、羽根車自重、ラジアルスラストを考慮し、算出している。詳細な計算過程については、以下のとおり。</p> <p>1. 評価仕様</p> <p>表1に評価仕様を示す。</p> <p style="text-align: center;">表1 評価仕様</p> <table border="1" data-bbox="427 797 1339 1046"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>単位</th> <th>記号</th> <th>数値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>羽根車 (1~10 段) 質量</td> <td>kgf</td> <td>P<sub>1</sub></td> <td rowspan="4" style="border: 2px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>主軸等回転体質量</td> <td>kgf</td> <td>P<sub>2</sub></td> </tr> <tr> <td>軸受スパン</td> <td>mm</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>主軸外径</td> <td>mm</td> <td>d</td> </tr> </tbody> </table> <p>2. 充てんポンプに発生する曲げ応力振幅の算出</p> <p>①羽根車自重による応力</p> <p>羽根車自重による応力は、保守的に梁の中心に集中荷重が作用する両端支持梁モデルの最大曲げモーメントにより計算する。</p> <p>主軸の断面係数は、</p> $Z = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \boxed{\phantom{00000}} \text{ mm}^3$ <p>梁に発生する曲げモーメントは、</p> $M_{\max} = \frac{P_1 L}{4} = \boxed{\phantom{00000}} \text{ (kgf} \cdot \text{mm)}$ <p>羽根車自重による応力は、</p> $\sigma_1 = \frac{M}{Z} = \boxed{\phantom{00000}} \text{ (kgf/mm}^2\text{)}$	項目	単位	記号	数値	羽根車 (1~10 段) 質量	kgf	P <sub>1</sub>		主軸等回転体質量	kgf	P <sub>2</sub>	軸受スパン	mm	L	主軸外径	mm	d
項目	単位	記号	数値															
羽根車 (1~10 段) 質量	kgf	P <sub>1</sub>																
主軸等回転体質量	kgf	P <sub>2</sub>																
軸受スパン	mm	L																
主軸外径	mm	d																

内は商業機密に属しますので公開できません。

②主軸等回転体自重による応力

主軸等回転体自重による応力は、保守的に等分布荷重が作用する両端支持梁モデルの最大曲げモーメントにより計算する。

梁に発生する曲げモーメントは

$$\begin{aligned}M_{\max} &= \frac{WL^2}{8} \\ &= \frac{P_2 L^2}{8} \\ &= \frac{P_2 L}{8} \\ &= \boxed{\phantom{00000}} \text{ (kgf} \cdot \text{mm)}\end{aligned}$$

主軸等回転体自重による応力は、

$$\sigma_2 = \frac{M}{Z} = \boxed{\phantom{00000}} \text{ (kgf/mm}^2\text{)}$$

③羽根車自重・主軸等回転体自重の合計応力

羽根車自重・主軸等回転体自重の合計応力は、

$$\sigma_{12} = \sigma_1 + \sigma_2 = \boxed{\phantom{00000}} \text{ (kgf/mm}^2\text{)}$$

④多段ポンプのハイドロスラストを考慮した応力

多段ポンプのハイドロスラストを考慮した応力は、メーカー標準より多段ポンプの曲げ応力 =  $\boxed{\phantom{00000}}$  とする。

静たわみ応力は、羽根車自重・主軸等回転体自重の合計応力を用いる。

充てんポンプに発生する曲げ応力振幅は、

$$\begin{aligned}\sigma &= \boxed{\phantom{00000}} \\ &= 1.175494578 \text{ (kgf/mm}^2\text{)} \\ &= 11.6 \text{ (MPa)}\end{aligned}$$

以 上

$\boxed{\phantom{00000}}$  内は商業機密に属しますので公開できません。