

令和2年度原子炉格納容器鋼材の三軸破壊特性試験

調達仕様書

## 調達仕様書

### 1. 件名

令和 2 年度原子炉格納容器鋼材の三軸破壊特性試験

### 2. 実施概要

本業務は、令和 2 年度安全研究プロジェクト「重大事故時の原子炉格納容器の終局的耐力評価に関する研究」の一環として、鋼製部材の局部破損に係る三軸破壊特性を取得することを目的とする。まず、高温環境中における切欠付丸棒試験片及び全通切欠付平板試験片の引張試験を実施する。次に、全通切欠付ライナ試験片を用いた室温引張試験を実施する。また、損傷の進行過程におけるボイドの生成・成長を把握するため、切欠付試験片のボイド体積率等を測定する試験を実施する。

### 3. 実施内容

#### 3.1 試験計画書の作成

仕様書に基づき、試験片及び試験装置を含む試験内容の詳細及び実施計画を作成する。試験計画書は、規制庁担当と協議して決定するものとする。

#### 3.2 高温引張試験の予備試験

令和元年度業務にて形状・寸法を最適化した切欠付丸棒試験片及び全通切欠付平板試験片を用いた高温引張試験を実施するため、試験機、加熱装置、計測系等を構成し、予備試験を行う。予備試験では、高温での引張試験中に、正常に切欠部の形状測定が可能であるか、試験温度が許容範囲内で納めることが可能であるか等について確認する。試験の諸条件を以下に示す。

##### 1) 供試材

SGV480N 鋼、板厚 34mm、平成 30 年度調達材<sup>1</sup>

##### 2) 試験片の作製

- ・ 採取位置及び方向：1/4t、圧延方向(L.D.)
- ・ 図 1 及び図 2 に示す形状・寸法の試験片(切欠付丸棒試験片、全通切欠付平板試験片、切欠曲率  $R_0=2\text{mm}$ )を作製する。

---

<sup>1</sup> 調達材は平成 30 年度業務の受注者の事業所にて保管中（千葉県千葉市）

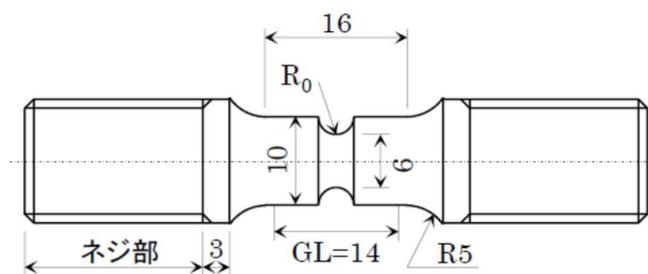


図 1 切欠付丸棒試験片

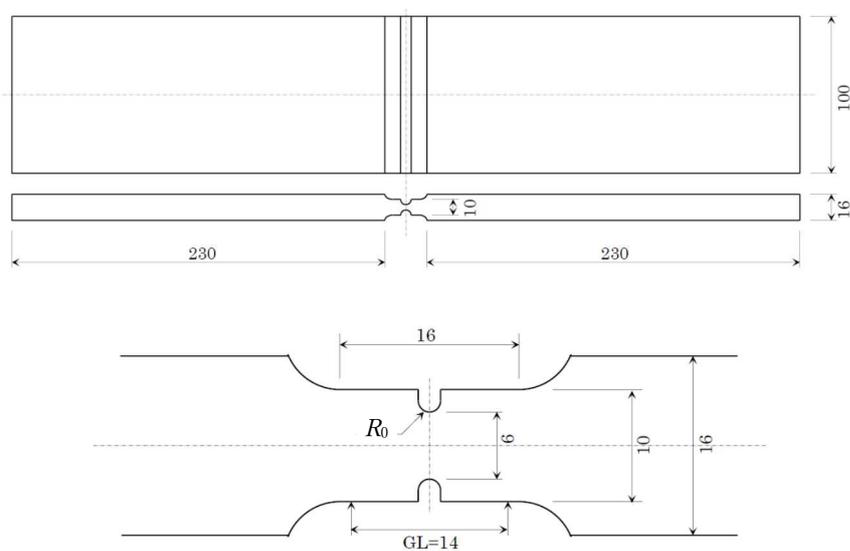


図 2 全通切欠付平板試験片

### 3) 試験方法

- ・ 切欠付丸棒試験片の切欠部はシルエット画像装置により連続観察する。
- ・ 全通切欠付平板試験片の切欠部はレーザ測定装置により連続観察する。
- ・ 評点間距離は任意の方法による。
- ・ 全通切欠付平板試験片に対しては、幅の変化を測定する。
- ・ 試験温度は 200℃及び 300℃とする。試験片標点内の温度差の目標値は JIS G0567 (2012)を参考に、協議により決定する。
- ・ 試験条件は協議の上、変更する場合がある。

### 4) 試験記録の作成方法

- ・ 標点間距離、切欠底半径及び曲率、温度分布等について記録し、図表としてまとめること。

### 3.3 切欠付丸棒試験片の高温引張試験

高温引張試験装置を用いて、切欠付丸棒試験片の引張試験を行う。また、試験の諸条件を以下に示す。

#### 1) 供試材

SGV480N 鋼及び SPV490 鋼、板厚 34mm、平成 30 年度調達材<sup>1</sup>

#### 2) 試験片の作製

- ・ 採取位置及び方向:1/4t、圧延方向(L.D.)
- ・ 図1及び表2に示す形状・寸法・本数の試験片を作製する。

#### 3) 試験方法

- ・ 試験条件の組合せを表1に示す。各試験片形状の組合せに対して、試験片は3本とし、うち2本は、切欠部の板厚方向断面及び圧延方向断面の変形の測定用とし、1本は予備とする。
- ・ 三軸破壊特性量は、Bridgman 式<sup>2</sup>を用いて、両断面の他に、両断面の測定量の平均値を用いた特性量も算出する。
- ・ 载荷方法は静的負荷とし、変位(ストローク)制御方式にて行う。試験機速度(ひずみ速度)は別途協議の上、決定する。
- ・ 各試験片形状の組合せのうち1本に対して、光学顕微鏡及び走査型電子顕微鏡(SEM)による破面観察を行う。SEMの観察位置は、試験片中心、中間点及びせん断破面とする。
- ・ 切欠曲率  $R_0=5\text{mm}$  の試験片については、上記の破面観察に加え、エネルギー分散型 X 線分析(EDX)による破面上の介在物の元素分析及びせん断破面の垂直方向からの SEM 観察を行う。
- ・ 試験条件は協議の上、変更する場合がある。

#### 4) 試験記録の作成方法

- ・ 荷重、標点間距離、切欠曲率、切欠底直径、温度分布等について記録し、図表としてまとめること。
- ・ 詳細は協議の上、決定する。

---

<sup>2</sup> P. W. Bridgman, "Studies in Large Plastic Flow and Fracture," Mc-GRAWHill, New York, pp. 9-37, 1952.

表 1 切欠付丸棒試験片の高温引張試験の組合せ

材料	切欠曲率 $R_0$ (mm)	試験温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	試験片 本数
SGV480N	1, 2, 5, 15	200	12
SPV490			12
計			24

### 3.4 全通切欠付平板試験片の高温引張試験

高温引張試験装置を用いて全通切欠付平板試験片の引張試験を行う。また、試験の諸条件を以下に示す。

#### 1) 供試材

SGV480N 鋼及び SPV490 鋼、板厚 34mm、平成 30 年度調達材<sup>1</sup>

#### 2) 試験片の作製

- ・ 採取位置及び方向 1/4t、圧延方向(L.D.)
- ・ 図 2 及び表 3 に示す形状・寸法・本数の試験片を作製する。

#### 3) 試験方法

- ・ 試験条件の組合せを表 2 に示す。各試験片形状の組合せに対して、試験片は予備 1 本を含む 3 本とし、うち 1 本は、破断まで負荷して、荷重一伸び線図、試験片の変形状況等を把握する。また、1 本は内部又は表面の亀裂の発生点にて、試験機から取り外し、軸方向に切断して中心断面観察を行う。断面観察では、断面を研磨して、亀裂の発生状況を実体顕微鏡ベースの倍率で観察・撮影する。
- ・ 三軸破壊特性量は、Bridgman 式を用いて算出する。
- ・ 載荷方向は静的負荷とし、変位(ストローク)制御方式にて行う。試験機速度(ひずみ速度)は別途協議の上、決定する。
- ・ 各試験片形状の組合せのうち 1 本に対して、光学顕微鏡及び SEM による破面観察を行う。SEM の観察位置は、亀裂の発生位置を中心に実施する。
- ・ 切欠曲率  $R_0=5\text{mm}$  の試験片については、EDX による破面上の介在物の元素分析を行う。
- ・ 試験条件は協議の上、変更する場合がある。

#### 4) 試験記録の作成方法

- ・ 荷重、標点間距離、切欠曲率、切欠底直径、温度分布等について記録し、図表としてまとめること。
- ・ 詳細は協議の上、決定する。

表 2 全通切欠付平板試験片の高温引張試験の組合せ

材料	切欠曲率 $R_0$ (mm)	試験温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	試験片 本数
SGV480N	1, 2, 5, 15	200	12
SPV490			12
計			24

### 3.5 全通切欠付ライナ試験片の室温引張試験

全通切欠付ライナ試験片を用いた引張試験を実施する。試験は素材板厚 7mm の鋼板から切削した試験片 (図 3) を基本とし、当該試験片のつかみ部に電子ビーム溶接等により補強板を固定する。また、補強板の効果が十分でなかった場合を想定し、素材板厚 16mm の鋼板から切削した試験片 (図 4) でも一部試験を実施する。

#### 1) 供試材

SGV410 鋼、素材板厚 7mm、平成 30 年度調達材<sup>1</sup>

SGV410 鋼、素材板厚 16mm、平成 30 年度調達材<sup>1</sup>

#### 2) 試験片の作製

- ・ 図 3、図 4 及び表 3 に示す形状・寸法の試験片 (切欠底厚さ 4.8mm) を作製する。
- ・ 溶接接手の切欠の位置、溶接継手形状及び溶接条件は別途協議して決定する。
- ・ 採取方向: 圧延方向 (L.D.)、板厚を 6.4mm にするための切削加工は両面から均等に実施。平坦にするための板の曲げ等も可能とする。
- ・ 素材板厚 7mm の試験片は、つかみ部を厚さ 8mm~9mm の鋼板にて補強する。補強板は電子ビーム溶接等により固定する。補強板の固定が不十分とみられる場合、溶接条件等の見直しを行うものとする。
- ・ 素材板厚 16mm の試験片は、つかみ部を素材板厚のままとして作製する。

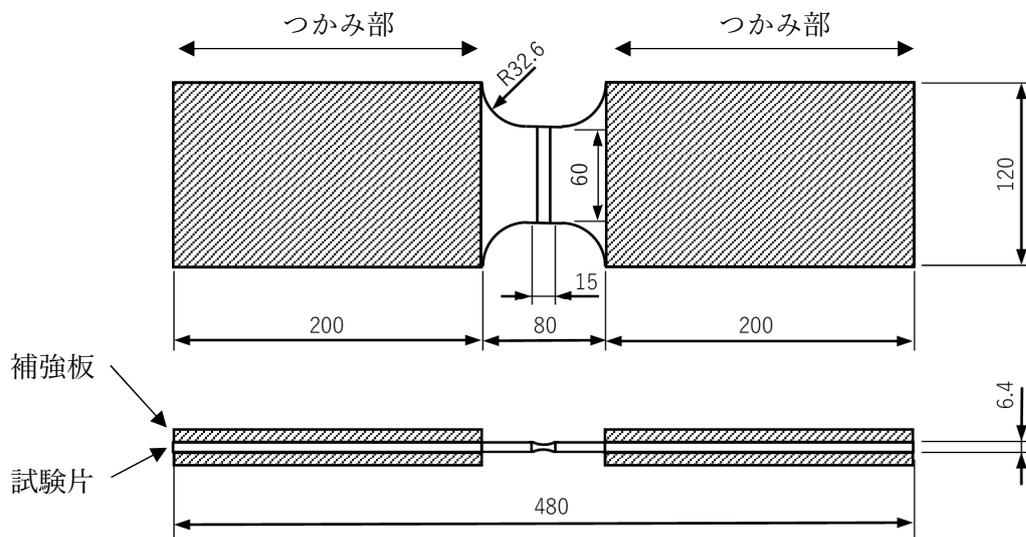


図 3 全通切欠付ライナ試験片 (素材板厚 7mm)

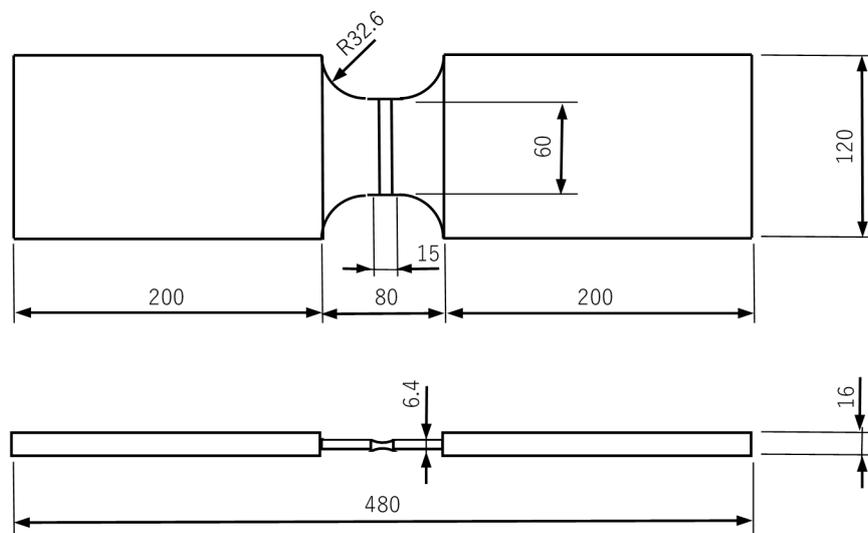


図 4 全通切欠付ライナ試験片 (素材板厚 16mm)

### 3) 試験方法

- ・ 試験条件の組合せを表 4 に示す。素材板厚 7mm の試験片は、各試験片形状の組合せに対して、予備 1 本を含む 3 本とし、うち 1 本は、破断まで負荷して、荷重—伸び線図、試験片の変形状況等を把握する。1 本は、内部又は表面の亀裂の発生点にて、試験機から取り外し、軸方向に切断して中心断面観察を行う。断面観察では、断面を研磨して、亀裂の発生状況を実

体顕微鏡ベースの倍率で観察・撮影する。素材板厚 16mm の試験片は、破断まで負荷して、荷重-伸び線図、試験片の変形状況等を把握する。

- ・ 載荷方法は静的負荷とし、変位（ストローク）制御方式にて行う。試験機速度（ひずみ速度）は別途協議の上、決定する。
- ・ 試験片の表面及び裏面より、切欠の軸方向断面の形状を、レーザプロファイラーにより連続測定する。同時に標点変位及び試験部の幅を連続測定する。載荷中の切欠部の移動に、測定系が追従する必要があることを考慮すること。
- ・ 切欠底の形状寸法を用いて、平板の Bridgman の式により三軸破壊特性量を算出し、試験結果を整理する。
- ・ 各試験片形状の組合せのうち 1 本に対して、光学顕微鏡及び SEM による破面観察を行う。SEM の観察位置は、亀裂の発生位置を中心として、破損状況の確認結果に基づき、協議により決定する。
- ・ 試験条件は協議の上、変更する場合がある。

#### 4) 試験記録の作成方法

- ・ 荷重、標点間距離、切欠曲率、切欠底直径等について記録し、図表としてまとめること。
- ・ 詳細は協議の上、決定する。

表 3 全通切欠付ライナ試験片の引張試験の組合せ

材料	素材板厚	切欠曲率 $R_0$	試験片 本数
SGV410 母材	7mm	平滑, 2mm, 15mm	9
SGV410 溶接接手	7mm	平滑, 2mm, 15mm	9
SGV410 母材	16mm	2mm	1
計			19

#### 3.6 ボイド体積率等の測定試験の予備試験

試験片断面の顕微鏡観察画像から、画像解析により、ボイド及び介在物の体積率等を測定する試験の予備試験を実施する。ここで、体積率は面積率と等しいとみなす。測定項目は、ボイド及び介在物の面積率及び個数とする。ボイド及び介在物は、分離して測定することが望ましいが、困難な場合は、測定方法について協

議して決定する。なお測定及び画像解析の実施要領は、下記の規格に準拠するものとする。

ASTM E 1245-03 (2016) Standard Practice for Determining the Inclusion or Second-Phase Constituent Content of Metals by Automatic Image Analysis

#### 1)試験の方法

- ・ 予備試験の供試材は、SGV480N 及び SPV490 鋼の板厚 34mm の素材(平成 30 年度調達材<sup>1)</sup>)とし、素材におけるボイド及び介在物の面積率及び個数を測定する。
- ・ 採取位置及び方向:1/4t、圧延方向(L.D.)に直交する板厚方向断面
- ・ 試験条件は協議の上、変更する場合がある。

#### 2)試験記録の作成方法

- ・ 測定したボイド及び介在物の面積率からボイド体積率に置き換え、図表としてまとめる。
- ・ 詳細は協議の上、決定する。

### 3.7 切欠付試験片のボイド体積率等の測定試験

令和元年度業務にて形状・寸法を最適化した切欠付丸棒試験片及び全通切欠付平板試験片を用いて、引張試験によるひずみ付与後のボイド面積率及び個数を測定する。引張試験により、指定したひずみ量を試験片に与えて取り外した後、試験片を板厚方向に切断し、断面を研磨する。断面の顕微鏡観察を行い、画像解析により、ボイドの面積率を決定する。試験の諸条件を以下に示す。

#### 1) 切欠付丸棒試験片の作製と測定位置

- ・ 供試材:SGV480N 及び SPV490 鋼
- ・ 試験片:図 1、切欠曲率:2mm 及び 15mm  
採取位置及び方向:1/4t、圧延方向(L.D.)
- ・ 観察面(切断面):板厚方向断面
- ・ 測定位置:切欠中心部

#### 2) 切欠付平板試験片の作製と測定位置

- ・ 供試材:SGV480N 及び SPV490 鋼
- ・ 試験片:図 2、切欠曲率:2mm 及び 15mm  
採取位置及び方向:1/4t、圧延方向(L.D.)

- ・ 観察面(切断面):板厚方向断面
- ・ 測定位置:切欠中心部及び切欠底近傍

### 3) 試験方法

- ・ 各試験片の限界真ひずみ $\epsilon_L$ を基準として、5条件程度の真ひずみ量を引張試験により付与した試験片をそれぞれ準備し、ポイド面積率等の測定を行う。真ひずみ量の参考例を以下に示す。なお、観察結果によっては、1、2条件の追加もありうる。
  - ①95%、②90%、③85%、④80%、⑤最大荷重位置
- ・ 観察面をSEM観察し、画像解析により、ポイド面積率を決定する。
- ・ 試験条件は協議の上、変更する場合がある。

### 4) 試験記録の作成方法

- ・ 測定したポイドの面積率からポイド体積率に置き換え、真ひずみに対してプロットした図としてまとめる。
- ・ 詳細は協議の上、決定する。

## 3.8 報告書の作成

成果報告書は主要な試験結果をまとめた本冊と、試験結果の詳細をまとめた付録と分けて作成する。11月中を目途に、それまでの実施内容をまとめた中間報告を実施する。また月に1回を目途に、打合せを実施し、進捗状況及び試験結果を報告するものとする。

なお、3.1項から3.8項までの実施項目の詳細は、原子力規制庁担当と受注者の協議によって、変更する場合がある。

## 4. 作業工程

実施期間における各実施項目の作業工程(例)を以下に示す。受注者は、業務開始時に、実施計画を示すものとする。

[作業工程](例)

実施項目	令和2年			令和3年
	4～6月	7～9月	10～12月	1～3月
3.1 試験計画書の作成		—		
3.2 高温引張試験の予備試験		—	—	
3.3 切欠付丸棒試験片の高温引張試験			—	
3.4 全通切欠付平板試験片の高温引張試験				—
3.5 全通切欠付ライナ試験片の室温引張試験			—	
3.6 ボイド体積率等の測定試験の予備試験		—		
3.7 切欠付試験片のボイド体積率等の測定試験			—	
3.8 報告書の作成		▽	▽	▽

▽:キックオフ及び報告会

5. 業務実施期間

契約締結日から令和3年3月25日まで

6. 実施場所

受注者の作業場所で作業するものとする。

7. 実施責任者及び実施体制

受注者は、実施責任者及び品質管理体制を明示した実施体制表を提出すること。

あらかじめ下請負者が決まっている場合は、下請負者名及びその発注業務内容を含めて記載すること。ただし、金50万円未満の下請負業務、印刷費、会場借料、翻訳費及びその他これに類するものを除く。

実施責任者は本作業の遂行にあたり十分な実務能力及びマネジメント能力を有し、本作業を統括する立場にある者とする。

実施体制には必ず本件に精通した経験豊富なスタッフを含めること。また、2人以上の直接の担当者を定め、一方が出張などの時にも支障なく業務が遂行できるようにすること。

## 8. 提出書類及び納入品目

### (1) 提出書類

受注者が規制庁の承認を受けるため、又は規制庁に報告するために提出する書類、提出部数、提出期日は、次のとおりとする。

No.	提出書類	提出部数	提出期日
1	実施体制表	1	契約締結後速やかに 変更時は改訂版を速やかに提出すること
2	下請負届	1	
3	品質計画書 <sup>(注1)</sup>	1	
4	情報セキュリティ管理説明書 <sup>(注2)</sup>	1	
5	打合せ議事録	1	打合せ後1週間以内
6	月報	1	翌月10日まで(3月は納入時まで)
7	成果報告書 <sup>(注3)</sup>	8(DVD) + 1(紙)	納入時
8	資料集 <sup>(注4)</sup>	2(DVD)	
9	情報セキュリティ管理報告書	1	
10	完了届	1	

注1) 品質計画書の品質要求事項は本仕様書9.品質計画書によるものとする。

注2) 情報セキュリティ管理説明書は本仕様書10.情報セキュリティの確保によるものとする。

注3) 成果報告書の本冊を、DVDディスクにて8部提出すること(PDF、国会図書館提出用、ラベル形式指定)。また、検収時内容確認用にハードコピー(紙)を1部提出すること。

注4) 資料集をDVDディスクにて2部提出すること。資料集には以下のファイルを含むこと。

- ・ 提出書類一式(#1～7、#9、PDF)
- ・ 中間成果物(計画書、中間報告書等、PDF)
- ・ 資料集(ミルシート、検査票、図面、写真等)
- ・ 成果報告書のWordデータ、図表作成に用いたExcelデータ
- ・ 試験記録(CVS形式等、主要なもの)

なお、ファイル名は報告書記載内容と対応付けた分かりやすいものとし、適宜説明を加えること。本冊に、受注者の商業機密に当たる記載内容が含まれる場合は、該当箇所を明記すること。

(2) 納入品目及び納入場所

(a) 納入品目：(1)に定める提出書類

(b) 納入場所：原子力規制庁長官官房技術基盤グループシステム安全研究  
部門

東京都港区六本木 1-9-9 六本木ファーストビル 15F

9. 品質計画書

品質計画書には最小限、以下の内容を記載すること。

(1) 品質管理体制

受注業務に対する品質を確保するための、十分な体制が構築されていること。

- ・作業実施部署は品質管理部署と独立していること。
- ・実施責任体制が明確となっていること。

(2) 品質管理の具体的な方策

受注業務に対して品質を確保するための、当該業務に対応した具体的な作業に関する方法(チェック時期及びチェック内容)が明確にされていること。

(3) 担当者の技術能力

業務に従事する者の技術能力を明確にすること。

10. 情報セキュリティの確保

受注者(請負者)は、以下の点に留意して情報セキュリティを確保するものとする。

- (1) 受注者は、請負業務の開始時に、請負業務に係る情報セキュリティ対策とその実施方法及び管理体制について規制庁担当者に書面で提出すること。
- (2) 受注者は、規制庁担当者から要機密情報を提供された場合には、当該情報の機密性を格付けに応じて適切に取り扱うための措置を講じること。
- (3) また、本業務において受託者が作成する情報については、規制庁担当者からの指示に応じて適切に取り扱うこと。
- (4) 受注者は、原子力規制委員会情報セキュリティポリシーに準拠した情報セキュリティ対策の履行が不十分と見なされるとき又は受注者において請負業務に係る情報セキュリティ事故が発生したときは、必要に応じて規制庁担当者の行う情報セキュリティ対策に関する監査を受け入れること。
- (5) 受注者は、規制庁担当者から提供された要機密情報が業務終了等により不要になった場合には、確実に返却し又は廃棄すること。  
また、請負業務において受注者が作成した情報についても、規制庁担当者からの指示に応じて適切に廃棄すること。
- (6) 受注者は、本業務の終了時に、業務で実施した情報セキュリティ対策を報告すること。

(参考)原子力規制委員会情報セキュリティポリシー

<https://www.nsr.go.jp/data/000129977.pdf>

## 11. 業務の引継ぎ

### (1) 用語の定義

ア 前回の受注者：前回の業務を請け負った業者

イ 現受注者：本仕様書に基づく業務を請け負った業者

ウ 次回の受注者：次回の業務を請け負った業者

### (2) 前回の受注者からの引継ぎ

原子力規制庁は、当該引継ぎが円滑に実施されるよう、前回の受注者及び現受注者に対して必要な措置を講ずるとともに、引継ぎが完了したことを確認する。

本業務を新たに実施することとなった現受注者は、本業務の開始までに、前回の受注者から、業務内容を明らかにした書類等により、業務の引継ぎを受けるものとする。なお、その際の業務の引継ぎに必要な事務経費は、前回の受注者の負担とする。ただし、資材の搬出費等の直接経費が発生する場合には、現受注者が負担するものとする。

### (3) 本業務終了の後に受注者の変更が生じた場合の引継ぎ

原子力規制庁は、当該引継ぎが円滑に実施されるよう、現受注者及び次回の受注者に対して必要な措置を講ずるとともに、引継ぎが完了したことを確認する。

本業務の終了の後に、受注者の変更になる場合には、現受注者は次回の受注者の当該業務の開始日までに、業務内容を明らかにした書類により、次回の受注者に対し、引継ぎを行うものとする。なお、その際の事務引継ぎに必要な事務経費は、現受注者の負担となる。

## 12. 無償貸与物等

### (1) 特になし

### (2) その他、本作業を実施するに際し、規制庁が必要と認めたもの

なお、無償貸付品は、当該作業で不要となった後、速やかに返却すること。また、複製等も含め受注者側に一切の情報を残さないこと。また、作業期間中は、これらの情報を外部等へ漏えいしないこと。

## 13. 著作権等の扱い

### (1) 成果物に関する著作権、著作隣接権、商標権、商品化権、意匠権及び所有

- 権(以下「著作権等」という。)は、原子力規制委員会が保有するものとする。
- (2) 請負者は自ら制作・作成した著作物に対し、いかなる場合も著作権者人格権を行使しないものとする。
  - (3) 成果物に含まれる請負者又は第三者が権利を有する著作物等(以下「既存著作物」という。)の著作権等は、個々の著作者等に帰属するものとする。
  - (4) 納入される成果物に既存著作物等が含まれる場合には、請負者が当該既存著作物の使用に必要な費用の負担及び使用許諾契約等に係る一切の手続を行うものとする。

#### 14. 検収条件

本仕様書に記載の内容を満足し、納入品目がすべて提出されていることが確認されたことをもって検収とする。

#### 15. その他

- (1) 受注者は、本仕様書に疑義が生じたとき、本仕様書により難い事由が生じたとき、あるいは本仕様書に記載のない細部については、規制庁担当者と速やかに協議し、その指示に従うこと。
- (2) 作業実施者は、規制庁担当者と日本語で円滑なコミュニケーションが可能で、かつ良好な関係が保てること。
- (3) 業務上不明な事項が生じた場合は、規制庁担当者に確認の上、その指示に従うこと。
- (4) 常に、規制庁担当者との緊密な連絡・協力関係の保持及び十分な支援を提供すること。
- (5) 本調達において納品される成果物の著作権は、検収合格が完了した時点で、当庁に移転する。受注者は、成果物の作成に当たり、第三者の工業所有権又はノウハウを実施・使用するときは、その実施・使用に対する一切の責任を負う。
- (6) 成果物納入後に受注者の責めによる不備が発見された場合には、受注者は、無償で速やかに必要な措置を講ずること。

(以上)