

JT-60SA 等の実績に基づく
原型炉用真空容器構造規格及びトカマク規格骨子案
の検討

仕様書

令和7年10月

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
六ヶ所フュージョンエネルギー研究所
核融合炉システム研究開発部
核融合炉システム研究グループ

1.1 件名

JT-60SA 等の実績に基づく原型炉用真空容器構造規格及びトカマク規格骨子案の検討

1.2 目的及び概要

2023 年 4 月にフュージョンエネルギー分野の国家戦略「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」が策定され、その中の柱の一つとして、フュージョンエネルギーの産業化に向けたサプライチェーンの国際化が挙げられている。フュージョンエネルギー分野の国際的サプライチェーン構築に向けては、規格の国際標準化が重要となる。

一方、内閣府は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議（CSTI）のイニシアチブのもと、研究開発成果の社会実装を推進するため、「研究開発と Society 5.0 橋渡しプログラム（BRIDGE）」を推進している。この BRIDGE プログラムにおいては、2024 年から、文部科学省の施策として、原型炉建設・運転に向けたシステム改革型の「フュージョンエネルギーシステムに関する国際標準化」（英語名 Bridge program “Fusion energy system Standardization”）（以下「BFS」という。）が開始された。

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（以下「QST」という。）は、この BFS の実施主体として、フュージョンエネルギー分野での国際的サプライチェーンの実現を目指して、以下の三点を柱とする活動を産業界及び学協会との連携で進めている。

- ① 建設・維持規格の国際標準案の骨子の策定
- ② 規格化/国際標準化に携わる若手人材の育成
- ③ 規格化/国際標準化を推進する環境整備

本件では、BFS の一環として、JT-60SA 真空容器の設計・製作の知見に基づき原型炉真空容器用構造規格案の検討を行うとともに、日本機械学会（以下「JSME」という。）で規格化された「超伝導マグネット構造規格」の改定を進めるための調査・検討を実施し、原型炉に向けたトカマク規格の原案作成のための調査・検討を行うものである。

1.3 作業項目(詳細は 2. 技術仕様参照)

- (1) 真空容器の規格案の検討
- (2) 超伝導マグネット構造規格の改定案の検討

(3) トカマク規格の全体構成の検討

(4) システム化規格の適用検討

(5) 報告書作成

1.4 提出書類

受注者は、次表に定める書類を提出すること。

書類	提出時期	部数
打合せ議事録	打合せ後速やかに	1 部
報告書	作業完了時	1 部
電子データ(報告書)	作業完了時	1 式

1.5 納入場所

QST 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駸字表館2-166

六ヶ所フュージョンエネルギー研究所 管理研究棟

核融合炉システム研究開発部 核融合炉システム研究グループ 217号室

1.6 納期

令和 8 年 3 月 13 日

1.7 貸与品

QST は、本作業の実施に必要な成果報告書等の資料又は電子データを貸与する。受注者は、作業終了後に資料の返却又は電子データの削除を実施すること。

1.8 検査条件

第 1.4 項に示す提出書類の確認及び報告書が本仕様書に定める技術仕様を満足することを確認し、検査合格とする。

1.9 知的財産権等

(1) 知的財産権の取扱い

本契約に関して発生する知的財産権の取扱いについては、別紙 1「知的財産権特約条項」に定められたとおりとする。

(2) 技術情報の開示制限

受注者は、本契約を実施することによって得た技術情報を第三者に開示しようとするときは、あらかじめ書面による QST の承認を得なければならないものとする。QST が本契約に関し、その目的を達成するため受注者の保有する技術情報を了知する必要がある場合は、QST と受注者協議の上、決定するものとする。

(3) 成果の公開

受注者は、本契約に基づく業務の内容及び成果について、発表若しくは公開し、又は特定の第三者に提供しようとするときは、あらかじめ書面による QST の承認を得なければならないものとする。

1.10 機密の保持

本契約において作成され、又は QST から貸与された資料は契約目的以外に使用してはならない。ただし、事前に QST の承諾を得た場合にはこの限りではない。

1.11 打合せ

作業の進行状況に応じて、QST 担当者と適宜打合せを持つものとする。また、原型炉設計検討の進捗を踏まえた円滑な実施のため、受注者は QST が適宜開催する原型炉設計に係る作業連絡会及び報告会に参加するものとする（オンライン会議等による参加も可）。

1.12 グリーン購入法の推進

- (1) 本契約において、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達法の推進等に関する法律）に適用する環境物品（事務用品、OA機器等）が発生する場合は、これを採用するものとする。
- (2) 本仕様に定める提出書類（納入印刷物）については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

1.13 協議

本仕様書に記載されている事項及び本仕様書に記載のない事項について疑義が生じた場合は、QST と協議の上、その決定に従うものとする。

2. 技術仕様

2.1 作業の概要

2.2 項に示す技術仕様に従い検討作業を実施し、これらの結果を報告書にまとめる。

2.2 作業内容

2.2.1 真空容器の規格案の検討

(1) ITER 誘致時に検討した真空容器構造規格のレビュー

QST が提示する ITER 誘致時に検討した真空容器構造規格の設計規定を検討し、原型炉の真空容器への適用性を検討する。

(2) JT-60SA 真空容器の構造規格案

JT-60SA 真空容器の構造規格案設計・製作において使用した、材料、設計、製作、非破壊試験で使用した技術基準を整理し、JT-60SA 真空容器の構造規格案としてまとめる。

(3) 原型炉真空容器用構造規格案の検討

上記（１）及び（２）の検討に基づき、原型炉の真空容器用構造規格案をまとめる。さらに、原型炉へ適用する際の技術課題について検討し、課題解決に向けた R&D を含む実施すべき項目（特に溶接・検査）についてまとめる。

(4) 真空容器の LBB に関する検討

昨年度報告された「確率論的破壊力学に基づく原子炉圧力容器の破損頻度の算出要領（JEAG4640-2018）」の手法を JT-60SA の真空容器を参照して原型炉に適用する場合の条件を検討する。

一方、JSME 原子力専門委員会・高温規格分科会の下に LBB 評価・破壊力学評価作業会が設置されている。この作業会での活動を調査し、原型炉の真空容器規格への適用性について検討する。

さらに、原型炉の真空容器の LBB 評価に必要な項目を（材料データ取得、解析等）について検討する。

2.2.2 超伝導マグネット構造規格の改定案の検討

(1) 引用規格の調査と互換性の検討

超伝導マグネット構造規格では、基本的に JIS 規格及び JSME 規格を引用しているが、溶接では、ASME SECTION IX (2004)、非破壊検査では ASME SECTION V (2004)、その他、合否判定基準については、ASME SECTION II、ASME SECTION III、ASME SECTION VIII 等が引用されている。JSME 規格の国際標準化を図るためには、JIS 規格は ISO 又は ASTM (ASME) 規格、JSME 規格は ASME 規格に置き換える必要がある。このため、規格間の技術的互換性の確認が必須となる。このような観点から、以下を実施する。

- ① 引用規格のリストアップ
- ② JIS 規格、JSME 規格と対応する ISO (ASTM)、ASME 規格のリストアップ
- ③ 規格間の技術的互換性の確認と差異を示す表の作成

(2) 超伝導マグネット構造規格の構成

原型炉では、TF コイルの他に、CS、PF コイル等の超伝導マグネットがある。このため、超伝導マグネット構造規格の構成を見直す必要がある。一例を図 1 に示す。この分類について検討し、原型炉の超伝導マグネット構造規格の構成案を提案する。

(3) JSME「超伝導マグネット構造規格」の各規定に関する検討

現在規格化されている JSME の「超伝導マグネット構造規格」は、TF コイルの構造物に限定された規格である。原型炉に向けては、上記 2.2.2 (2) の検討に基づき今後改定されていくが、昨年までの検討で、以下に示す課題が指摘されている。各課題について検討し、改定案を提案すること。

(a) FM-1000 一般要求

超伝導マグネット構造規格に記載すべき条項及び内容について検討し、FM-1000 の改定案を提案する。

(b) FM-2000 材料

① 規定すべき材料

現在の FM-2000 で規定する材料は限られている。規格に規定されていない構造部材の材料が ITER で使用された場合は、ITER で実施した品質確認について調査す

る。また、原型炉向けに、規定に追加すべき場合は、APPENDIX23の規定に従ったデータが揃っているか調査する。

一方、機能材料として使用した場合は、その機能を保証するために ITER で実施した品質確認について調査するとともに、原型炉における機能材料の取り扱いについて検討し、規定案を提案する。

②材料規格及び降伏強さ名称

FM-2000 では、極低温での設計降伏強さおよび設計引張強さが規定されている材料として、表 1（表 FM-2110-2）が示されており、APPENDIX 21 の構造材料規格、APPENDIX 22 に溶接材料規格が示されている。JSME において、「材料規格」というと「発電用原子力設備規格 JSME S NJ1 材料規格」を思い浮かべるとの意見がある。また、「超電導マグネット構造規格」の中に「材料規格」があり、さらに、「材料規格」の中に「構造材料規格」と「溶接材料規格」を定める形になっており、3重規格となっているとの指摘がある。JSME の材料規格や設計・建設規格での記述方法を調査し、改定案を提案する。

また、FM-2000 では 0.2%耐力を降伏強さという名称で呼んでいる。これは英語名称 yield strength との対応から来ている。そこで、JIS 規格、JSME 規格、ASME 規格を調査し、0.2%耐力の名称について推奨案を提案する。

③極低温での材料試験方法

4K での引張試験、破壊靱性試験の JIS 規格は、25～30 年前に策定されたもので、その後、改定の検討はされておらず、超伝導マグネット構造規格でも JIS 規格の参照だけでは問題が発生している。一方、原型炉においては、JSME 規格に規定されている材料よりも高降伏比の材料を使用する可能性があるため、オーステナイト系ステンレス鋼でも不安定破壊を起こす可能性があり、技術的観点から 4K での破壊靱性の評価は重要となる。さらに、25～30 年前に比べ、液体ヘリウムの入手が非常に困難な状況が続いており、最新の知見に基づいた 4K での合理的な試験方法を構築することは原型炉建設に向けて重要と思われる。

しかし、JIS 規格の改定は簡単ではなく、規格の維持の面からも機械学会の規格に取り込むことが効率的と考えられる。このため、機械学会の規格に取り込む手法を調査する。

④塑性拘束効果を考慮した破壊靱性評価方法の調査

従来の破壊靱性の評価では、塑性拘束の強い標準破壊靱性試験片を用いているが、構造物に現実的に発生する亀裂は小さな表面亀裂である場合が多く、き裂周囲の応力場は強い拘束状態になることは稀である。このため、従来の破壊力学手法では構造物の耐破壊安全性を過度に安全側に評価する傾向にあり、高強度鋼ほどこの傾向が強い。

このような背景から、塑性拘束効果を考慮した評価方法が開発されており、以下の試験規格について調査し、4K 試験への適用可能性を検討する。

- ・ ISO 27306
- ・ WES 2808
- ・ BS7910

(c)FM-3000 設計

①最新の ASME 規格の調査

FM-3000 は、2018 年同時の ASME Sec.III を基に作成されている。そこで、最新の ASME Sec.III との比較を行い、改定すべき点を洗い出し報告する。一方、当時は ASME Sec.III と Sec.VIII の設計手法に大差はなかったが、Sec.VIII は re-write 活動により変更されている。そこで、最新の Sec.VIII の設計手法について調査するとともに、Sec.VIII の設計手法のマグネットへの適用を検討し、改定案を提案する。

②弾塑性 FEM 解析を用いた設計手法の適用

構造解析による強度評価手法として、評価断面に固執しない FEM を用いた非弾性解析手法を用いた評価方法の開発や適用も有益と考えられ、非弾性解析手法を導入することにより、複雑な 3 次元構造物に対する評価を容易にし、また実態に近い材料特性を考慮した評価ができるため、許容値拡大の合理化効果が期待される。

JSME では、JSME 事例規格「弾塑性有限要素解析を用いたクラス 1 容器に対する強度評価の代替規格」が策定されている。この規格を参考に、TF コイルの設計に弾塑性 FEM 解析を用いた設計手法を適用する場合の課題について検討する。

(d)FM-4000 製作

以下の項目について検討する。

① 機械加工面の表面検査の必要性の検討

- ② ITER で用いた FM-4000 に規定されていない継手形状の調査と規格への反映提案
- ③ 電子ビーム溶接及びレーザー溶接の施工法確認試験の規定のある規格の調査
- ④ 肉盛り溶接の規格での取り扱いに関する検討
- ⑤ 溶接手法の拡張に関する検討と規定案
- ⑥ 溶接施工法確認試験における 4K 試験必要性の検討
- ⑦ 溶接以外の接合技術（ロウ付け、H I P）の調査・提案

(e)FM-5000 非破壊検査

以下の項目について検討する。

- ① 溶接部近傍の探傷範囲の検討
- ② フェーズドアレイ UT に関する規格の調査とトカマク規格への範囲方法
- ③ 検査フリー溶接を使用可能とするための検討

(f)FM-6000 耐圧・漏れ試験

以下の項目について検討する。

- ① 気密試験圧力と耐圧試験圧力に関する検討
- ② 標準リークの規定緩和の必要性
- ③ 漏れ試験員の資格要求の必要性

(g)FM-7000 用語

超伝導マグネット構造規格で使用する用語は、FM-7000 として、各規定毎に記述している。用語については、各規定の最初、あるいは、FM-1000 の中に入れるべきとの意見がある。そこで、JSME、ASME 規格を調査し、用語の挿入位置について提案する。

2.2.3 トカマク規格の全体構成の検討

(1) 法体系と構造規格（技術基準）

核融合に関する法律は整備されていないが、法体系と構造規格の位置づけを明確にしておくことは重要と思われる。JT-60SA の建設は「放射性同位元素等の規制に関する法律（RI 法）」に従っているが、RI 法で規定されているのは放射性同位元素等の安全に関する事項であり、電気設備や冷凍設備に関する構造規格（技術基準）

は、それぞれ、電気事業法、高圧ガス保安法に従っていると思われる。RI 法では、使用構造に関する技術基準の規定はないといわれているが、第六条の一には、「使用施設の位置、構造及び設備が原子力規制委員会規則で定める技術上の基準」に従うことが規定されている。そこで、この基準について調査し、構造に関する技術基準の規定について調査する。

一方、原子炉の建設においては、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（原子炉等規制法、炉規法）が適用されるが、構造規格としては JSME 規格が引用されていると思われる。JSME 規格の適用範囲は、容器、管、ポンプ、弁、支持構造物等であり、プラント設備の一般機器（電気設備や冷却設備等）については、別途、構造規格（技術基準）の規定があるか不明である。そこで、炉規法において、どのように JSME 規格を引用しているのか、また、原子力施設における一般機器の位置づけと技術基準を調査する。

(2) トカマク規格の全体構成と機器の具体化

トカマク規格の全体構成案を図 2 に示す。このトカマク規格案では、全体を俯瞰する一般要求事項と原型炉に特有な A～E のグループに分類される機器、及びその他のプラント設備に係る一般機器で構成されている。この中のプラント設備に係る一般機器の取り扱いについて、上記（1）の検討結果に基づき、原型炉の規制での取り扱いについて検討し、一般機器のうち、核融合特有な構造規格が必要な機器をベースライン適用の機器として洗い出す。さらに、A～E の各グループに属する機器を洗い出し、機器の特徴に応じた規定骨子を検討する。

(3) 一般要求事項の規定案の検討

JSME で規格化されている超伝導マグネット構造規格では、一般要求事項として FM-1000 の規定がある。この規定は、超伝導マグネット構造規格の策定経緯から、マグネット構造物の製作に特化した記述ではないため、トカマク規格の一般要求事項のひな型として採用できる。そこで、以下に示す課題を考慮しながら、FM-1000 の規定を検討し、トカマク規格の一般要求事項の規定としての提案を行う。

(a)適用範囲

トカマク規格は構造規格であり、構造健全性の担保を目的としている。このため、電磁氣的機能等については、適用範囲外としている。しかし、トカマク装置の健全

性の観点からは、電磁氣的機能等を含めることは重要であり、電磁氣的機能等に関する技術基準についても触れることが望ましい。上記（１）の検討結果を踏まえ、一般要求事項への規定の記述について検討する。さらに、JSME 発電設備規格委員会の一般要求事項検討タスクでの協議内容を調査し、原型炉の一般要求事項への提言を行う。

(b)ステークホルダー

ITER は、7 極の DA が製作した機器を ITER 機構に納め、ITER 機構が組み立てるという国際協力が進められている。このような背景を考慮して、超伝導マグネット構造規格は策定されているため、設置者、所有者、製造者、建設者が規定されている。ITER では、設置者は ITER 機構で、所有者は各 DA（物納時に ITER 機構に所有権は移転）となる。また、設計については、ITER 機構が実施する場合と各 DA が実施する場合があります、複雑な構造を持つ。原子力プラントのステークホルダーを調査し、ITER との違いを考慮しつつ、原型炉の一般要求事項への提案に反映する。

(c)品質保証

品質保証については、ISO9001 で十分ではないかとの意見もあるが、超伝導マグネット構造規格では、添付資料 1 に示す背景から、独自の規定としている。FM-1400 の規定と ISO9001 の規定を比較し、比較表を作成すると共に、原型炉の品質保証に最適な規定を提案する（例えば、基本は ISO9001、規格には原型炉特有の要求のみ規定等）。

また、超伝導マグネットや真空容器で FEM 解析が必須となる。この場合、モデル化、解析の検証等についての規定が必要と思われる。この観点から、FM-1400 の規定や ISO9001 の規定で十分かどうかを検討し、十分でない場合は、規定案を提案する。

(d)適合性評価

超伝導マグネット構造規格では、FM-1300 に適合性評価についての規定がある。この背景は、ITER の国際協力、物納という特殊な状況を考慮して作成されている（添付資料 1 参照）。原型炉への適用の観点から、FM-1000 の規定を見直し、改定案を提案する。また、非破壊検査、溶接等に関する国内の認証制度を調査し、原型炉の適合性評価へ適用について検討する。さらに、すでに廃止されているが、JSME

原子力専門委員会の認証・認定分科会での協議内容を調査し報告する。

(e)引用規格

超伝導マグネット構造規格では、基本的に JIS 規格及び JSME 規格を引用しているが、溶接及び非破壊検査規定では ASME 規格の使用が許されている。これは、開発経緯に依存しており、十分な議論がなされているかは定かではない。規格としては、引用規格に対して、ルールを設けるべきであり、ITER の調達で行われたような、同種の異なる規格の引用はさけるべきである。このため、トカマク規格での規格引用ルールについて検討し提案する。

2.2.4 システム化規格の適用検討

システム化規格をトカマク規格へ適用するための準備として以下を検討する。

(1) 目標信頼性の検討

ASME 規格は安全を担保するための規格であり、特に、原子力プラントの公衆安全の観点等から定められる安全の目標水準が基本となっていると思われる。一方、核融合では安全性よりは稼働率向上を目標とした設計が主となるので、稼働率と構造設計をリスク情報を通じてリンクして、目標信頼度を算定する手法が考えられる。このような観点から、昨年度の検討に基づき、TF コイルの構造物の目標信頼性の考え方を検討する。

機器の目標信頼性は、プラントの目標信頼性とリンクするが、ASME Sec.III 及び Sec.VIII の機器の目標信頼性（機器クラスによる違い）がわかれば、原型炉の機器の目標信頼性を設定する上で非常に有用である。また、JSME 原子力専門委員会では、目標信頼性タスクの活動が進められており、安全設計と構造設計を、リスク情報を通じて連携させる取り組みが進められているようである。そこで、これらの活動について調査するとともに、ASME 規格の機器の目標信頼性を推定する。

一方、目標信頼性を考える場合、対象とする事象の発生頻度と関係すると思われる。例えば、ITER の TF コイルは目標信頼性を 1×10^{-3} とした場合、1000 個製作した場合に 1 個の不具合となるが、18 個しか製作しない場合は、どのように考えるか不明である。このような点を考慮して、TF コイルの目標信頼性の考え方について検討する。

(2) 構造物の信頼性評価

構造物の信頼性評価手法としては、JSME 高速炉機器の信頼性評価ガイドラインが策定されている。この手法では、信頼性指標の評価手法としては、1次近似2次モーメント法、拡張線形化法、モンテカルロ法がある。1次近似2次モーメント法では、材料強度の平均値と変動係数、及び荷重（一次膜応力）の平均値と変動係数から信頼性指標を算出する。また、材料強度に対する部分安全係数、応力に対する部分安全係数を定めることができ、これらの部分安全係数を規格で与えれば、弾性FEM解析を用いた荷重・耐力係数設計法（Load and Resistance Factor Design, LRFD）による設計手法を規定することも可能となる。

JSME 高速炉機器の信頼性評価ガイドラインに基づき、ITER の TF コイルの応力解析結果及び JT60SA の真空容器の応力解析結果を基に、塑性崩壊に関する信頼性指標の評価を行う。なお、評価に必要なパラメータについては Q S T と協議の上、検討する。

(3) 設計インプット条件のばらつきの調査・検討

信頼性評価においては、材料強度の変動係数、及び荷重の変動係数が設計インプットとなる。鉄鋼材料の材料強度については、データが蓄積されていると思われる。そこで、鉄鋼材料一般の変動係数を調査する。

(4) システム化規格の取り込みの検討

T F コイルの構造規格に信頼性評価を取り込み、システム化規格に基づく規格化を実現するために今後必要となる事項について検討する。

(5) 高降伏比の材料の使用の検討

昨年度の検討から、引張強さに対して設計係数を設定するのは、延性・韌性の不足による不安定破壊の防止が目的であり、高降伏比の材料を使用する場合、弾性変形のみを要求する設計（ひずみ制限を設ける設計）を適用することで健全性を担保しているようである。また、高降伏比の材料の JIS 規格ではシャルピー吸収エネルギーの要求がある。

高降伏比の材料が必要となる超伝導コイルでは、超伝導材料としてニオブスズが使用されるため、ひずみを制限することは必須である。また、不安定破壊を防止するためには、4K での破壊靱性試験を要求するとともに、破壊力学を用いた設計を併用することで、高降伏比の材料を使用可能とすることができるとと思われる。

このような観点から、高降伏比の材料を使用するための規定を検討する。

2.2.5 報告書の作成

2.2.1~2.2.4で実施した調査結果及び検討結果について報告書にまとめること。

マグネット本体	金属構造	非圧力境界	コイル構造		TF Case
					Radial Plates
					TF Intercoil Structure
					CS Preload Structure
					PF Protection Structure
					Correctuon Coil Case
	Terminal Support Structure (Plate)				
	非金属構造	圧力境界	導体ジャケット	熱処理	TF Conductor Jacket
				熱処理	CS Conductor Jacket
				非熱処理	PF, CC Conductor Jacket
		非圧力境界	コイル絶縁	荷重伝達	TF Conductor, Coil Insulation
				荷重支持	CS, PF, CCConductor, Coil Insulation
コイル間絶縁			TF Intercoil Insulation		
支持、スペーサー			G10 Parts or Fillers etc.		
圧力境界			Insulation Breaks		
支持構造	金属構造	非圧力境界		TF Gravity Supports	
				Attachments for Precompression Ring	
				CS Support Structures	
				PF Support Structures	
	非金属構造	非圧力境界		CC Support Structures	
非圧力境界		Precompression Ring			
冷凍配管	金属構造	圧力境界	コイル冷却	Cryogenic Piping included or attached Coil Structure	
			配管	Cryogenic Piping in Cryostat	

図 1 超伝導マグネット構造規格の構成

表 1 （表 FM-2110-2） 使用可能な材料

（極低温での設計降伏強さおよび設計引張強さが規定されている材料）

材料記号		材料規格	
1	FMJJ1	APPENDIX 21 構造材料規格	構造体用高マンガン・ステンレス鋼
2	FM316LNL		構造体用ステンレス鋼
3	FM316LNM		
4	FM316LNH		
5	FM316LNMTP		ジャケット用ステンレス鋼管
6	FMYJJ1	APPENDIX 22 溶接材料規格	TIG 溶接ワイヤ

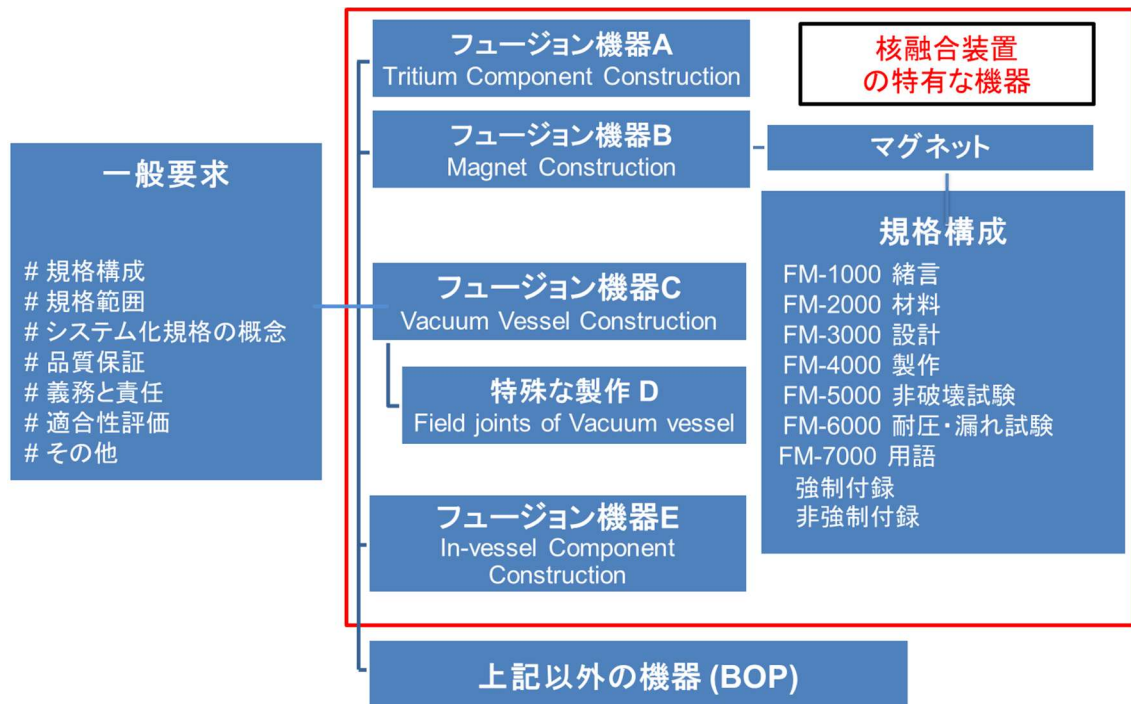


図2 トカマク規格の構成

以上

知的財産権特約条項

(知的財産権等の定義)

第1条 この特約条項において「知的財産権」とは、次の各号に掲げるものをいう。

- 一 特許法（昭和34年法律第121号）に規定する特許権、実用新案法（昭和34年法律第123号）に規定する実用新案権、意匠法（昭和34年法律第125号）に規定する意匠権、半導体集積回路の回路配置に関する法律（昭和60年法律第43号）に規定する回路配置利用権、種苗法（平成10年法律第83号）に規定する育成者権及び外国における上記各権利に相当する権利（以下総称して「産業財産権等」という。）
- 二 特許法に規定する特許を受ける権利、実用新案法に規定する実用新案登録を受ける権利、意匠法に規定する意匠登録を受ける権利、半導体集積回路の回路配置に関する法律に規定する回路配置利用権の設定の登録を受ける権利、種苗法に規定する品種登録を受ける地位及び外国における上記各権利に相当する権利
- 三 著作権法（昭和45年法律第48号）に規定する著作権（著作権法第21条から第28条までに規定する全ての権利を含む。）及び外国における著作権に相当する権利（以下総称して「著作権」という。）
- 四 前各号に掲げる権利の対象とならない技術情報のうち、秘匿することが可能なものであって、かつ、財産的価値のあるものの中から、甲乙協議の上、特に指定するもの（以下「ノウハウ」という。）を使用する権利

2 この特約条項において「発明等」とは、次の各号に掲げるものをいう。

- 一 特許権の対象となるものについてはその発明
- 二 実用新案権の対象となるものについてはその考案
- 三 意匠権、回路配置利用権及び著作権の対象となるものについてはその創作、育成者権の対象となるものについてはその育成並びにノウハウを使用する権利の対象となるものについてはその案出

3 この契約書において知的財産権の「実施」とは、特許法第2条第3項に定める行為、実用新案法第2条第3項に定める行為、意匠法第2条第2項に定める行為、半導体集積回路の回路配置に関する法律第2条第3項に定める行為、種苗法第2条第5項に定める行為、著作権法第21条から第28条までに規定する全ての権利に基づき著作物を利用する行為、種苗法第2条第5項に定める行為及びノウハウを使用する行為をいう。

(乙が単独で行った発明等の知的財産権の帰属)

第2条 甲は、本契約に関して、乙が単独で発明等行ったときは、乙が次の各号のいずれの規定も遵守することを書面にて甲に届け出た場合、当該発明等に係る知的財産権を乙から譲り受けないものとする。

- 一 乙は、本契約に係る発明等を行った場合には、次条の規定に基づいて遅滞なくその旨を甲に報告する。
- 二 乙は、甲が国の要請に基づき公共の利益のために特に必要があるとしてその理由を明らかにして求める場合には、無償で当該知的財産権を実施する権利を国に許諾する。
- 三 乙は、当該知的財産権を相当期間活用していないと認められ、かつ、当該知的財産権を相当期間活用していないことについて正当な理由が認められない場合において、甲が国の要請に基づき当該知的財産権の活用を促進するために特に必要があるとしてその理由を明らかにして求めるときは、当該知的財産権を実施する権利を第三者に許諾する。
- 四 乙は、第三者に当該知的財産権の移転又は当該知的財産権についての専用実施権（仮専用実施権を含む。）若しくは専用利用権の設定その他日本国内において排他的に実施する権利の設定若しくは移転の承諾（以下「専用実施権等の設定等」という。）をするときは、合併又は分割により移転する場合及び次のイからハまでに規定する場合を除き、あらかじめ甲に届け出、甲の承認を受けなければならない。
 - イ 子会社（会社法（平成17年法律第86号）第2条第3号に規定する子会社をいう。以下同じ。）又は親会社（会社法第2条第4号に規定する親会社をいう。以下同じ。）に当該知的財産権の移転又は専用実施権等の設定等をする場合
 - ロ 承認TLO（大学等における技術に関する研究成果の民間事業者への移転の促進に関する法律（平成10年法律第52号）第4条第1項の承認を受けた者（同法第5条第1項の変更の承認を受けた者を含む。））又は認定TLO（同法第11条第1項の認定を受けた者）に当該知的財産権の移転又は専用実施権等の設定等をする場合
 - ハ 乙が技術研究組合である場合、乙がその組合員に当該知的財産権を移転又は専用実施権等の設定等をする場合
- 2 乙は、前項に規定する書面を提出しない場合、甲から請求を受けたときは当該知的財産権を甲に譲り渡さなければならない。
- 3 乙は、第1項に規定する書面を提出したにもかかわらず、同項各号の規定のいずれかを満たしておらず、かつ、満たしていないことについて正当な理由がないと甲が認める場合において、甲から請求を受けたときは当該知的財産権を無償で甲に譲り渡さなければならない。

（知的財産権の報告）

第3条 前条に関して、乙は、本契約に係る産業財産権等の出願又は申請を行うときは、出願又は申請に際して提出すべき書類の写しを添えて、あらかじめ甲にその旨を通知しなければならない。

- 2 乙は、産業技術力強化法（平成12年法律第44号）第17条第1項に規定する特定研

究開発等成果に該当するもので、かつ、前項に係る国内の特許出願、実用新案登録出願、意匠登録出願を行う場合は、特許法施行規則（昭和35年通商産業省令第10号）、実用新案法施行規則（昭和35年通商産業省令第11号）及び意匠法施行規則（昭和35年通商産業省令第12号）等を参考にし、当該出願書類に国の委託事業に係る研究の成果による出願である旨を表示しなければならない。

- 3 乙は、第1項に係る産業財産権等の出願又は申請に関して設定の登録等を受けた場合には、設定の登録等の日から60日以内（ただし、外国にて設定の登録等を受けた場合は90日以内）に、甲にその旨書面により通知しなければならない。
- 4 乙は、本契約に係る産業財産権等を自ら実施したとき及び第三者にその実施を許諾したとき（ただし、第5条第4項に規定する場合を除く。）は、実施等した日から60日以内（ただし、外国にて実施等をした場合は90日以内）に、甲にその旨書面により通知しなければならない。
- 5 乙は、本契約に係る産業財産権等以外の知的財産権について、甲の求めに応じて、自己による実施及び第三者への実施許諾の状況を書面により甲に報告しなければならない。

（乙が単独で行った発明等の知的財産権の移転）

第4条 乙は、本契約に関して乙が単独で行った発明等に係る知的財産権を第三者に移転する場合（本契約の成果を刊行物として発表するために、当該刊行物を出版する者に著作権を移転する場合を除く。）には、第2条から第6条まで及び第12条の規定の適用に支障を与えないよう当該第三者に約させなければならない。

- 2 乙は、前項の移転を行う場合には、当該移転を行う前に、甲にその旨書面により通知し、あらかじめ甲の承認を受けなければならない。ただし、乙の合併又は分割により移転する場合及び第2条第1項第4号イからハまでに定める場合には、この限りでない。
- 3 乙は、第1項に規定する第三者が乙の子会社又は親会社（これらの会社が日本国外に存する場合に限る。）である場合には、同項の移転を行う前に、甲に事前連絡の上、必要に応じて甲乙間で調整を行うものとする。
- 4 乙は、第1項の移転を行ったときは、移転を行った日から60日以内（ただし、外国にて移転を行った場合は90日以内）に、甲にその旨書面により通知しなければならない。
- 5 乙が第1項の移転を行ったときは、当該知的財産権の移転を受けた者は、当該知的財産権について、第2条第1項各号及び第3項並びに第3条から第6条まで及び第12条の規定を遵守するものとする。

（乙が単独で行った発明等の知的財産権の実施許諾）

第5条 乙は、本契約に関して乙が単独で行った発明等に係る知的財産権について第三者に実施を許諾する場合には、第2条、本条及び第12条の規定の適用に支障を与えないよう当該第三者に約させなければならない。

- 2 乙は、本契約に関して乙が単独で行った発明等に係る知的財産権に関し、第三者に専用実施権等の設定等を行う場合には、当該設定等を行う前に、甲にその旨書面により通知し、あらかじめ甲の書面による承認を受けなければならない。ただし、乙の合併又は分割により移転する場合及び第2条第1項第4号イからハまでに定める場合は、この限りではない。
- 3 乙は、前項の第三者が乙の子会社又は親会社（これらの会社が日本国外に存する場合に限る。）である場合には、同項の専用実施権等の設定等を行う前に、甲に事前連絡のうえ、必要に応じて甲乙間で調整を行うものとする。
- 4 乙は、第2項の専用実施権等の設定等を行ったときは、設定等を行った日から60日以内（ただし、外国にて設定等を行った場合は90日以内）に、甲にその旨書面により通知しなければならない。
- 5 甲は、本契約に関して乙が単独で行った発明等に係る知的財産権を無償で自ら試験又は研究のために実施することができる。甲が 甲のために第三者に製作させ、又は業務を代行する第三者に再実施権を許諾する場合は、乙の承諾を得た上で許諾するものとし、その実施条件等は甲乙協議のうえ決定する。

（乙が単独で行った発明等の知的財産権の放棄）

第6条 乙は、本契約に関して乙が単独で行った発明等に係る知的財産権を放棄する場合は、当該放棄を行う前に、甲にその旨書面により通知しなければならない。

（甲及び乙が共同で行った発明等の知的財産権の帰属）

第7条 甲及び乙は、本契約に関して甲乙共同で発明等を行ったときは、当該発明等に係る知的財産権について共同出願契約を締結し、甲乙共同で出願又は申請するものとし、当該知的財産権は甲及び乙の共有とする。ただし、乙は、次の各号のいずれの規定も遵守することを書面にて甲に届け出なければならない。

- 一 乙は、甲が国の要請に基づき公共の利益のために特に必要があるとしてその理由を明らかにして求める場合には、無償で当該知的財産権を実施する権利を国に許諾する。
 - 二 乙は、当該知的財産権を相当期間活用していないと認められ、かつ、当該知的財産権を相当期間活用していないことについて正当な理由が認められない場合において、甲が国の要請に基づき当該知的財産権の活用を促進するために特に必要があるとしてその理由を明らかにして求めるときは、当該知的財産権を実施する権利を甲が指定する 第三者に許諾する。
- 2 前項の場合、出願又は申請のための費用は原則として、甲、乙の持分に比例して負担するものとする。
 - 3 乙は、第1項に規定する書面を提出したにもかかわらず、同項各号の規定のいずれかを満たしておらず、さらに満たしていないことについて正当な理由がないと甲が認める場合において、甲から請求を受けたときは当該知的財産権のうち乙が所有する部分が無償で甲に譲り渡さなければならない。

(甲及び乙が共同で行った発明等の知的財産権の移転)

第8条 甲及び乙は、本契約に関して甲乙共同で行った発明等に係る共有の知的財産権のうち、自らが所有する部分を相手方以外の第三者に移転する場合には、当該移転を行う前に、その旨を相手方に書面により通知し、あらかじめ相手方の書面による同意を得なければならない。

(甲及び乙が共同で行った発明等の知的財産権の実施許諾)

第9条 甲及び乙は、本契約に関して甲乙共同で行った発明等に係る共有の知的財産権について第三者に実施を許諾する場合には、その許諾の前に相手方に書面によりその旨通知し、あらかじめ相手方の書面による同意を得なければならない。

(甲及び乙が共同で行った発明等の知的財産権の実施)

第10条 甲は、本契約に関して乙と共同で行った発明等に係る共有の知的財産権を試験又は研究以外の目的に実施しないものとする。ただし、甲は甲のために第三者に製作させ、又は業務を代行する第三者に実施許諾する場合は、無償にて当該第三者に実施許諾することができるものとする。

2 乙が本契約に関して甲と共同で行った発明等に係る共有の知的財産権について自ら商業的实施をするときは、甲が自ら商業的实施をしないことに鑑み、乙の商業的实施の計画を勘案し、事前に実施料等について甲乙協議の上、別途実施契約を締結するものとする。

(甲及び乙が共同で行った発明等の知的財産権の放棄)

第11条 甲及び乙は、本契約に関して甲乙共同で行った発明等に係る共有の知的財産権を放棄する場合は、当該放棄を行う前に、その旨を相手方に書面により通知し、あらかじめ相手方の書面による同意を得なければならない。

(著作権の帰属)

第12条 第2条第1項及び第7条第1項の規定にかかわらず、本契約の目的として作成され納入される著作物に係る著作権については、全て甲に帰属する。

2 乙は、前項に基づく甲及び甲が指定する 第三者による実施について、著作者人格権を行使しないものとする。また、乙は、当該著作物の著作者が乙以外の者であるときは、当該著作者が著作者人格権を行使しないように必要な措置を執るものとする。

3 乙は、本契約によって生じた著作物及びその二次的著作物の公表に際し、本契約による成果である旨を明示するものとする。

(合併等又は買収の場合の報告等)

第13条 乙は、合併若しくは分割し、又は第三者の子会社となった場合(乙の親会社に変更した場合を含む。第3項第1号において同じ。)は、甲に対しその旨速やかに報告し

なければならない。

2 前項の場合において、国の要請に基づき、国民経済の健全な発展に資する観点に照らし、本契約の成果が事業活動において効率的に活用されないおそれがあると甲が判断したときは、乙は、本契約に係る知的財産権を実施する権利を甲が指定する者に許諾しなければならない。

3 乙は、本契約に係る知的財産権を第三者に移転する場合、次の各号のいずれの規定も遵守することを当該移転先に約させなければならない。

一 合併若しくは分割し、又は第三者の子会社となった場合は、甲に対しその旨速やかに報告する。

二 前号の場合において、国の要請に基づき、国民経済の健全な発展に資する観点に照らし本業務の成果が事業活動において効率的に活用されないおそれがあると甲が判断したときは、本契約に係る知的財産権を実施する権利を甲が指定する者に許諾する。

三 移転を受けた知的財産権をさらに第三者に移転するときは、本項各号のいずれの規定も遵守することを当該移転先に約させる。

（秘密の保持）

第14条 甲及び乙は、第2条及び第7条の発明等の内容を出願公開等により内容が公開される日まで他に漏えいしてはならない。ただし、あらかじめ書面により出願又は申請を行った者の了解を得た場合はこの限りではない。

（委任・下請負）

第15条 乙は、本契約の全部又は一部を第三者に委任し、又は請け負わせた場合においては、当該第三者に対して、本特約条項の各規定を準用するものとし、乙はこのために必要な措置を講じなければならない。

2 乙は、前項の当該第三者が本特約条項に定める事項に違反した場合には、甲に対し全ての責任を負うものとする。

（協議）

第16条 第2条及び第7条の場合において、単独若しくは共同の区別又は共同の範囲等について疑義が生じたときは、甲乙協議して定めるものとする。

（有効期間）

第17条 本特約条項の有効期限は、本契約の締結の日から当該知的財産権の消滅する日までとする。

以上

FM-1300、FM-1400 の技術背景

核融合設備規格 超伝導マグネット構造規格（2017 年版）（Codes for Fusion Facilities - Rules on Superconducting Magnet Structure -）JSME S KA1 -2017 は、ITER のトロイダル磁場コイル（TF コイル）の構造物の製作のために策定された。

この規格（以下、「本規格」という）は、TF コイルの構成部材のうち、超伝導素線、より線、及び電気絶縁材を除き、TF コイル及びその支持構造物全ての部材（以下、「TF 構造物」という）への適用を考慮した規格であり、以下の条項から構成されている。また、これらに附属して強制及び非強制のアペンディックスが設けられている。

- FM-1000 一般要求事項
- FM-2000 材料
- FM-3000 設計
- FM-4000 製作
- FM-5000 非破壊試験
- FM-6000 耐圧・漏れ試験
- FM-7000 用語

ここでは、「FM-1000 一般要求事項」のうち、FM-1300 及び FM-1400 で規定されている要求の技術背景を調査した結果を以下に示す。

1. FM-1000の特徴

原子力分野では、規格要件への適合性は、溶接手順や非破壊検査手順などの国際規格を使用して、規制当局によって評価される。また、原子力設備の品質保証基準は、規格とは別に発行され、規制当局による品質保証基準の承認または契約文書での指定を通じて、品目またはサービスの品質保証要件とすることが義務付けられている。

一方、ITER では、機器そのものを納入するシステムであるため、日本の製作責任を果たすためには、機器の安全上の重要性に見合う合理的な適合性評価と品質保証を実施し、製品がその機能を十分に発揮することを担保する必要がある。通常、原子力設備の建設規格では、適合性評価や品質保証に関する要件が定められていないが、ITER の特殊性を考慮して、FM-1000 一般要求事項の一部として、適合性評価及び品質保証に関する要件を定めた以下の規定を設けていることが、この規格の大きな特徴の一つである。

- FM-1300 役割，責任および適合性
- FM-1400 品質保証

FM-1300 の技術背景の概要を 2 章に、FM-1400 の概要を 3 章に示す。

2. FM-1300の技術背景

2.1 基本方針

適合性評価システムは、製品が該当する要件を確実に満たしていることを確認するため

に重要である。ITER 製品には国内の規制枠組みは適用されないため、ユーザーが製品の要件への適合性を保証できるように、ASME 規格との整合性に配慮するとともに、ITER への適用を想定し、国際的にも受け入れ可能な枠組みを有する適合性評価の基準を開発した。すなわち、適合性評価の要件として、十分な実績があり洗練された要件を持つ ASME Sec. III の Authorized Inspector による製品認証制度（以下、AI 制度という）と主要設計文書に対する Registered Professional Engineer による設計認証（Document Certification）制度（以下、DC 制度という）を取り入れることとした。

しかし、日本には米国のような Authorized Inspection Agency はなく、Authorized Inspector や Registered Professional Engineer もほとんどおらず、一般的に規制当局、購入者、又は社内検査官によって適合性評価が行われるのが現状である。このように、ASME 規格の適合性評価の制度的枠組をそのまま採用することは困難であり、日本における現状の制度的、資源的、人的条件を考慮した、現実的な AI 制度と DC 制度の確立を規格に盛り込む必要がある。このため、適合性評価の規定では、現実的な適格検査と設計認証を追求すると共に、法規制、インフラストラクチャ、及び規格の将来のユーザーを考慮し、AI 制度と DC 制度に関する本文中での記載は、その対象に関する規定と APPENDIX の呼び込みに限定すると共に、認証および適格検査の詳細な手順は、海外のユーザーが各国独自の代替手段を採用できるように APPENDIX として本体から分離し、各国での差し替えが可能なカセット式の構成とした。

具体的には、AI 組織は所有者内に設け、Authorized Inspector に代わり有資格検査員（Qualified Inspector）を定義し、その資格認証は AI 組織が制定することとした。また、DC を実施する Registered Professional Engineer の代わりに規格専門エンジニア（Standard-Expert Engineer）を個人資格として定義し、認証は当該機器の設計業務から独立した要員のなかから、所有者が資格認証することとした。このアプローチにより、一つの規格内で一貫して製品認証と設計認証が適用されるようにすると共に、国内の規制枠組みが整備されていない現状でも、規格のユーザーが現状のリソースを使用して、技術要件への適合性評価を実現できるようになっている。

また、規格では、最小限必要な規格記載範囲を設定するため、5つの関係組織（人）と5つの認証対象文書を規定することとした。ASME 規格における AI/DC 制度と規格での AI/DC 制度を図 1 及び図 2 に示す。

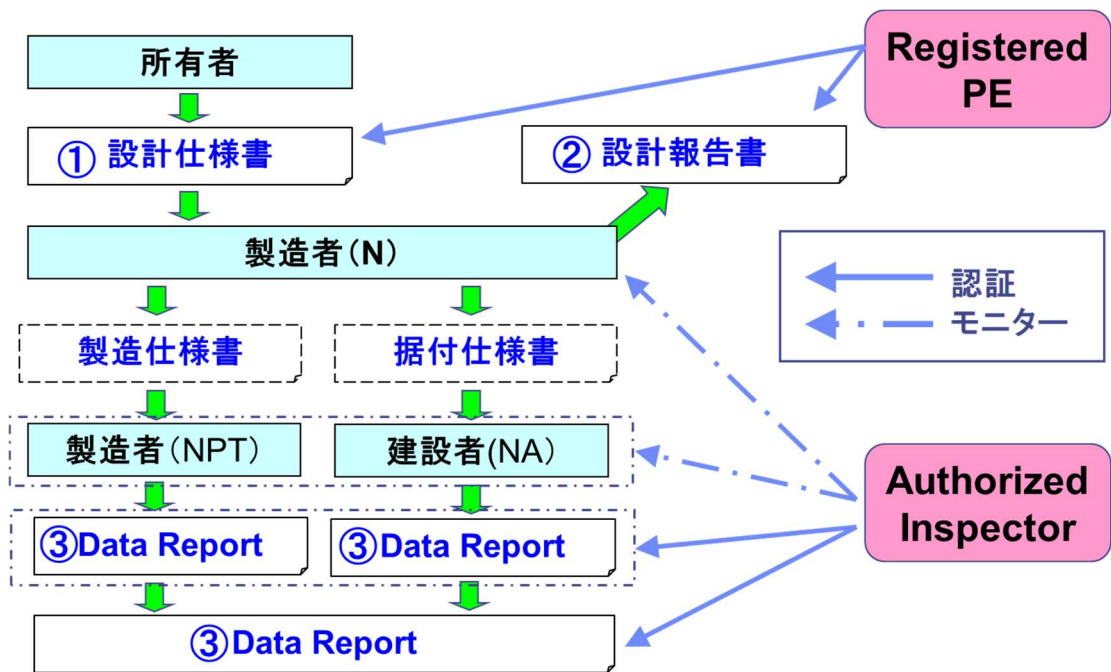


図 1 ASME Sec. III における AI/DC 制度の概要

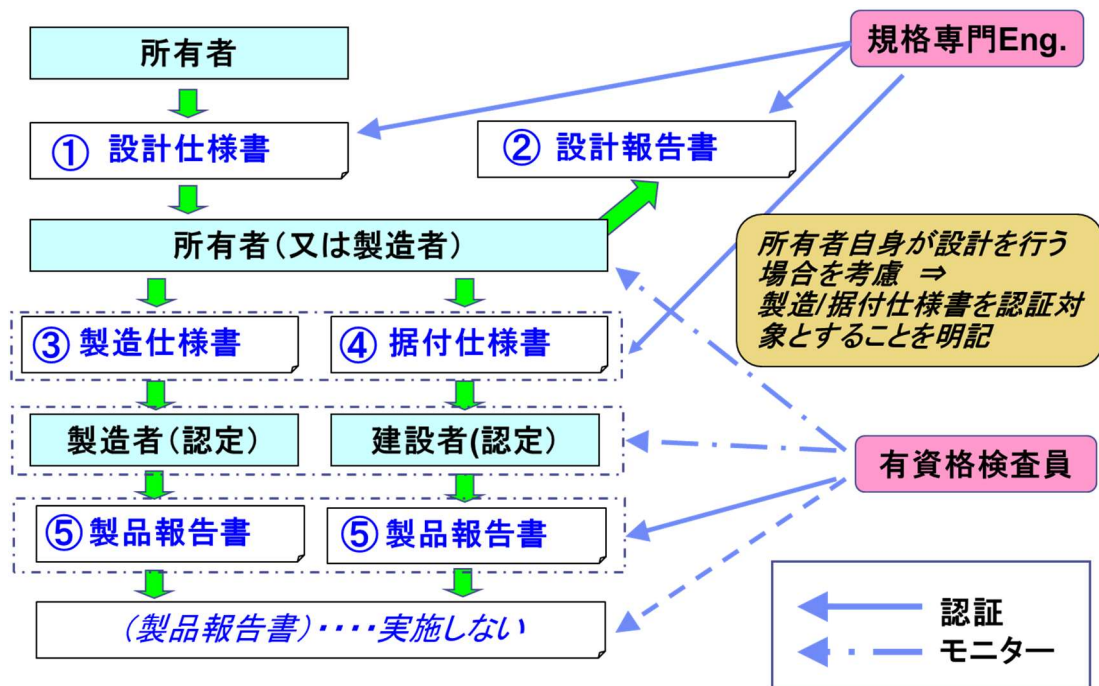


図 2 規格における AI/DC 制度の概要

2.2 役割と責任 (FM-1300)

FM-1300 では、2.1 項の基本方針に従い、5 つの関係組織（人）として、所有者、製造者、建設者、有資格検査員、規格専門エンジニアの役割と責任、及び 5 つの認証対象文書として、設計仕様書、設計報告書、製造仕様書、据付仕様書、製品報告書の適合性評価の基本的な要件を規定している。FM-1300 の構成及び概要を図 3 及び図 4 に示す。また、各規定の詳細は以下のとおり。

【FM-1311 所有者】

ITER は、日本・米国・欧州連合(EU)・韓国・中国・ロシア・インドの 7 極により進められており、各極（DA : Domestic Agency）が ITER 建設に必要な機器を分担して製作し、ITER 機構（IO: ITER Organization）に製品として納め（物納）、IO が物納された機器の組立・据付を行うことで建設される。このような枠組みを考慮して規格は策定されており、ITER 建設においては、所有者は DA、設置者は IO となる。

FM-1311 の規定は(a)～(d)までの 5 項目あり、所有者が性能と品質に対する全責任（DA が IO へ引渡す際の最終責任）を負い、設計仕様書を作成して、規格専門エンジニアによる確認・認証を受けることが規定されている。また、所有者が設計する場合は、所有者は設計仕様書に加え、設計報告書、製造仕様書、及び据付仕様書を作成し、規格専門エンジニアによるレビュー・認証を受けることが規定されている。なお、所有者は製造者へ設計活動を発注することができる。

【FM-1312 製造者】

製造者は DA からの発注により TF 構造物の製造を行う組織で、製造についての全責任を負い、製造報告書を作成し、有資格検査員による確認・認証を受けることが規定されている。また、受注範囲に設計活動が含まれている場合は、設計報告書、製造仕様書、据付仕様書を作成し規格専門エンジニアによる確認・認証を受けることが規定されている。

【FM-1313 建設者】

建設者は、所有者もしくは製造者からの発注により TF 構造物の据付（現地または工場における大組立を含む）を行う組織で、据付についての全責任を負う。製品報告書を作成し、有資格検査員による確認・認証を受けることが規定されている。

【FM-1314 有資格検査員】

有資格検査員は APPENDIX 11 に従って認証され、受注者における品質保証プログラムの履行状況のモニター、要領・要員の認証記録のレビュー、TF 構造物の検査・試験等を行い、製品報告書が本規格の要件に従っていることを確認・認証することが規定されている。

【FM-1315 規格専門エンジニア】

規格専門エンジニアは、APPENDIX 11 に従って認証され、設計仕様書、設計報告書、製造仕様書、据付仕様書が、本規格の要件に従っていることを確認・認証することが規定されている。

【FM-1320 適合性】

適合性を証明する五つの文書（設計仕様書、設計報告書、製造仕様書、据付仕様書、及び製品報告書）の作成者、認証者等について規定されている。

FM-1310 役割および責任

FM-1311 所有者

- (a) 引渡し先に対する最終責任
- (b) 設計仕様書の作成
- (c) 設計報告書の作成
- (d) 製造仕様書の作成
- (e) 据付仕様書の作成

FM-1312 製造者

- (a) 製造に関する全責任
- (b) 製品報告書の作成
- (c) 設計報告書の作成(要求時)
- (d) 製造仕様書の作成(要求時)
- (e) 据付仕様書の作成(要求時)

FM-1312 建設者

- (a) 現地据付・現地/工場大組立に関する全責任
- (b) 製品報告書の作成

FM-1314 有資格検査員

- (a) APPENDIX 11により認証
- (b) APPENDIX 11によりモニター、レビュー、検査を行い製品報告書を認証

FM-1315 規格専門エンジニア

- (a) APPENDIX 12により認証
- (b) APPENDIX 12により設計仕様書、設計報告書、製造仕様書、据付仕様書を認証

図3 FM-1310 の構成および概要

FM-1320 適合性

FM-1321 設計仕様書

- ・所有者が作成

FM-1322 設計報告書

- ・設計仕様書に基づき所有者または製造者が作成
- ・必要な設計図面、設計解析書を含む

FM-1323 製造仕様書

- ・設計仕様書に基づき所有者または製造者が作成
- ・所有者が作る場合は製造者への調達仕様書、製造者が作る場合は所有者への承認図書を想定

FM-1324 据付仕様書

- ・設計仕様書に基づき所有者または製造者が作成
- ・所有者が作る場合は建設者への調達仕様書、製造者が作る場合は所有者への承認図書を想定

FM-1325 製品報告書 (データレポート)

- ・製造者および建設者が作成・認証の上、有資格検査員が審査・署名
- ・ASMEのCode Data Reportと同じ概念

図4 FM-1320 の構成および概要

2.3 超伝導マグネットに対する有資格検査（APPENDIX 11）

ASME Section III、NCA-5000 をベースとして、ANI（Authorized Nuclear Inspector）と ANIS（Authorized Nuclear Inspection Supervisor）の役割の統一等の簡素化を図っている。また、NDE・溶接の要領・要員の認証に関しては、既存の認証機関による認証の確認で可とする代替措置を設け、AI 制度における組織の負荷軽減を図っている。APPENDIX 11 と ASME との比較を表 1a、1b に示す。また、規定の概要を以下に示す。

TF 構造物の検査を実施するため、所有者は自組織内に有資格検査部門を調達組織から独立して、編成・組織することを規定している。有資格検査部門は、ITER の物納に対応するため、臨時組織でも可能としている。有資格検査部門の責務は、受注者の品質保証プログラム文書の適合性を確認することである。ただし、材料供給組織が JIS の認定を有している場合は、その有効性を確認することで、品質保証プログラムの文書の確認を省略できることとしている。また、有資格検査部門には、品質保証プログラム文書の適合性の確認結果を責任部門に通知する責務がある。

有資格検査員は、有資格検査部門が独自に定めた基準に従って、有資格検査員を認証できる。有資格検査員は、所有者の組織内でも組織外の要員でも良いが、公平性を保つため、TF 構造物の調達活動に関係する組織内の要員や、TF 構造物の受注に関係する組織外の要員は除かれる。また、受注に関係する組織の定義も本文に規定されている。さらに、溶接及び非破壊検査に関する要員や要領の確認については、適切な第三者機関による認証結果の確認をもって代替することができる。有資格検査員が実施する具体的な検査については、11-1300 で規定されている。

表 1a APPENDIX 11 と ASME との比較（1/2）

NCA-No	項目名称	主要規定事項	APPENDIX 11 の対応
5100	はじめに		
5110	適用性	・AIA の公認検査に適用 ・ISI は Section XI の IWA-2100	11-1100 適用
5120	検査の実施		
5121	AIA	・AIA は米国 or カナダの Enforcement Authority が指名し、ASME QAI-1 に従い ASME が信認	11-1210 有資格検査部門 (a) 項及び (b) 項
5122	ANIS	・AIA は ASME QAI-1 により認定された ANIS を雇用	
5123	ANI	・AIA は ASME QAI-1 により認定された ANI を雇用 ・ANI はスタンプホルダーの雇用者は不可	11-1220 有資格検査員 (a) 項
5125	ANIS の責務	・ASME による QA プログラムのレビューに参加 ・QA マニュアルの変更審査・容認 ・スタンプホルダーの監査実施 (2 回 / 年等)	11-1210 有資格検査部門 (c) 項及び (d) 項
5200	ANI の責務		
5210	検査の一般的責務	・Sec III 要求の全検査・試験の立会い or 検証 ・その他の自身が必要と判断する立会 / 検査 / 検証 / 審査 etc	11-1310 検査の一般的な責務
5220	ANI の責務のカテゴリ	・業務スコープの検証 ・スタンプホルダーの QA プログラムのモニター ・スタンプホルダーの認定記録レビュー ・材料の検証 ・製造プロセス / NDE / 試験の立会 or 検証 ・最終耐圧試験の立会 ・Data Report のレビュー / 署名 ・図面のレビュー 及び それに従った検査	11-1320 有資格検査の責務のカテゴリ
5230	業務スコープ、Design Spec 及び Design Report	・実施業務が Certificate のスコープに含まれていることの検証 ・Design Spec / Design Drawing / Design Report のファイリング 及び 当該 NCA に従った認証状況の検証	同上
5240	QA プログラム		
5241	プロセスシート発行前の検査の指	・プロセスシート or 管理表発行前に、NCA-5210 の要求の満足 するに必要な検査項目を指定	11-1331 検査項目の選定
5242	QA プログラムのモニター	・スタンプホルダー QA プログラムの履行状況のモニター QA マニュアル変更の事前の AIA 容認の検証	11-1332 品質プログラムのモニター
5243	プロセスコントロールシートとチェックリスト	・プロセスシート or チェックリストにチェック完了の同意の署名	11-1332 プロセスコントロールチェックリスト

表 1b APPENDIX 11 と ASME との比較 (2/2)

NCA-No	項目名称	主要規定事項	APPENDIX 11の対応
5250	認定記録		
5251	認定記録のレビュー	・スタンプホルダーの認定記録のレビュー	11-1340 認定記録のレビュー
5253	溶接要領	・溶接要領(施工法)の認証の確認	11-1341 溶接施工要領
5254	溶接士・溶接オペレータ	・溶接士・溶接オペレータの認証の確認	11-1342 溶接士・溶接オペレータ
5255	検査要領	・検査・試験要領の認証の確認	11-1343 非破壊検査実施要領
5256	非破壊検査要員	・非破壊検査員の認定・認証の検証 ・非破壊検査の実施状況のモニター	11-1344 非破壊試験作業 NDEモニターは11-1360でカバーし、規定せず
5260	材料、部品及び熱処理		
5261	材料適合性の検	・材料のSection IIIへの適合の確認	11-1351 材料適合性の検査
5262	寸法チェック	・Design Spec/Design Drawing及びSectionIII要求の寸法公差への適合の確認 ・鏡・胴部の所定の形状・肉厚要求への適合の確認 ・ノズル/付着物と容器表面の合わせが適切であることの確認	11-1352 寸法チェック
5263	熱処理のチェック	・熱処理(温度及び温度勾配を含む)の確認	11-1353 熱処理のチェック
5270	検査及び試験	・製造中NDE、及び可能な場合は破壊検査の立会or検査・試験記録のチェック	11-1360 検査および試験
5280	最終試験	・最終水圧試験/気圧試験、或いはSITと、それら試験中にスタンプホルダーが行う検査の立会	11-1370 最終試験
5290	データレポート	・データレポートのレビュー/署名	11-1380 製品報告書
5300	AIAの責務	・ANL/ANISの要員の維持 ・スタンプホルダー及び所有者との契約締結 ・申請者に対するASMEレビューへの参加 ・QAマニュアルの変更のレビュー/容認 ・銘板を直接取付けられない場合の銘板固定方法をレビュー/容認 ・銘板を直接取付けられない場合の代替識別方法(品目のマーキング方を含む)のレビュー/容認 ・パーツ、アバテナンス、支持装置及び配管ブロックに対する代替マーキング方法のレビュー/容認 ・銘板を撤去する品目に対する識別・トレーサビリティ方法のレビュー/容認 ・スタンピング/データレポートの手順の決定 ・スタンプ無しで供給するパーツ/配管ブロックのトレーサビリティ要領のレビュー/容認	ASME特有につき考慮せず

有資格検査員は規格で要求された全ての検査・試験について立会うか、あるいはその他の検証を行う必要があるが、それ以外についても、規格に従って製作されていることを確認するために自身が必要と判断した場合は、その他の検査、立会、検証、審査を行うことができることが規定されている。

有資格検査員の責務については、以下に示す 9 項目のカテゴリー分けを行い、責務の明確化を行っている。

- 受注者の品質保証プログラムの履行状況のモニター
- JIS認定を有さない材料供給組織の品質保証プログラムの履行状況のモニター
- 材料の確認
- 部品および部材の識別・トレーサビリティの確認
- 製作用図面のレビュー及びそれに従った検査
- 製造プロセス、非破壊検査、及び試験の立会、又はその他の検証
- 最終耐圧試験、又は最終耐圧代替の非破壊検査の立会（耐圧製品の場合）
- 製品報告書のレビュー及び署名
- 設計仕様書、設計報告書、製造仕様書及び据付仕様書に対する規格専門エンジニアによるレビューが完了していることの確認

有資格検査員は受注者との合意の下、製作開始前に 11-1320 の要求を満足するのに必要な検査項目（立会項目およびレビュー項目）を指定し、受注者は工場トラベラーや QC 工程表、あるいはその他の書式のプロセス管理チェックリストを提示して、合意された検査

項目を明確化することが求められる。さらに、それらの文書に有資格検査員が指定した検査ポイントが適切に実施されたことへの同意の署名を行うことが規定されている。

品質保証プログラムのモニターにおいては、品質保証プログラム文書が有資格検査部門により事前にレビューされていることを確認すると共に、実際の業務のモニタリングや、工場トラベラー、QC 工程表、あるいはその他の書式のプロセス管理チェックリストのレビュー等で実施することが規定されている。

認証記録のレビューにおいては、溶接施工法、溶接士及び溶接オペレータ、HIP 拡散接合施工法、HIP 拡散接合で使用する設備、非破壊試験実施要領、非破壊試験作業員について、項目別に認証方法が規定されている。認証記録のレビューにおいて、適切な第三者機関による認証記録がある場合は、その認証記録の確認をもって、有資格検査員の認証とすることが可能である。

有資格検査員は、材料、部品の寸法及び合わせ位置及び熱処理の確認、非破壊試験、破壊試験、及び最終の耐圧試験への立会い等を行い、最終的に製品報告書を確認・署名することで、製品認証を実施することが規定されている。

2.4 超伝導マグネットにおける規格専門エンジニアの責務 (APPENDIX 12)

ASME Sec.III の DC 制度に準じ、規制対応は仮として構築するため、ASME Code Sec.III、Appendix-XXIII をベースとし、認証要領は規格独自に定めることとしている。設計仕様書、設計報告書の確認と認証要領は ASME Code Sec.III、Appendix-XXIII に準じるが、Appendix-XXIII に規定のない製造仕様書、据付仕様書については、ASME Sec.III Division 3 の製造仕様書の確認と認証要領に準拠している。APPENDIX 12 と ASME との比較を表 2 に示す。また、規定の概要を以下に示す。

表 2 APPENDIX 12 と ASME との比較

XXIII-No	項目名称	規定項目	APPENDIX 12の対応
1100	適用性	RPEが認証する設計文書の種類、他	12-1320 レビュー対象の設計文書
1200	認証		
1210	一般	(省略)	—
1220	登録および期限	RPEに対する経験要求、他	12-1200 規格専門エンジニア (a)項
1230	設計仕様書の認証 (Division 1/2)	担当するRPEのASME CODE Knowledgeに 関するガイドライン(表B-1)、他	N/A (12-1200 規格専門エンジニア (a)項に 含める)
1231	設計仕様書の認証 (Division 3)	担当するRPEのASME CODE Knowledgeに 関するガイドライン(表B-6)、他	
1240	ロードキャパシティーシート、建設 仕様書、設計図面、デザインレ ポートの認証(Division 1/2)	担当するRPEのASME CODE Knowledgeに 関するガイドライン(表B-2/4/5)、他	
1241	製造仕様書、デザインレポートの認 証(Division 3)	担当するRPEのASME CODE Knowledgeに 関するガイドライン(表B-7/8)、他	
1250	加圧防止報告書の認証 (Division 1/2)	担当するRPEのASME CODE Knowledgeに 関するガイドライン(表B-3)、他	
1300	責務		
1310	一般	RPEの自己研鑽要求、他	12-1331 一般(但し、一般的な責務の 記載でありASMEとは対応させていない)
1320	設計仕様書の認証	設計報告書でのMin.レビュー項目	12-1332 設計仕様書
1330	設計報告書の認証	設計報告書でのMin.レビュー項目	12-1333 設計図面、設計解析書および 設計報告書
1340	加圧防止報告書の認証	(省略)	—
1350	ロードキャパシティーシートの認証	(省略)	—
1360	建設仕様書、設計図面、デザイン レポートの認証(Division 2)	Division 2 建設仕様書、設計図面、デザイン レポートでのMin.レビュー項目	—
1370	製造仕様書の認証(Division 3)	Division 3 製造仕様書でのMin.レビュー項目	12-1334 製造仕様書 12-1335 据付仕様書

所有者は自身の定めた基準に従って、下記の要員の中から超伝導マグネットの設計文書のレビュー・認証を行う規格専門エンジニアを認証する。この場合、下記の要員の中から選定するが、規格専門エンジニアは一人であっても複数であってもよい。

- (1) 本規格の開発・策定に係ったエンジニア
- (2) 本規格と類似した超伝導マグネット向け規格を用いた設計経験を有するエンジニア
- (3) その他、所有者がその力量・能力を確認したエンジニア

規格専門エンジニアは、所有者の組織内でも組織外の要員でも良いが、公平性を保つため、TF 構造物の設計活動に関係する組織内の要員や、TF 構造物の受注に関係する組織の中で、設計活動に参与した要員は除かれる。また、所有者は認証した規格専門エンジニアのリストを所有者の組織内、及び受注者（製造者または建設者）に通知し、規格専門エンジニアによる設計文書の確認にその情報を利用できるようにする義務がある。

規格専門エンジニアは、設計仕様書、設計図面及び設計解析書を含む設計報告書、製造仕様書、据付仕様書の確認を行い、規格への適合性を確認する。なお、確認を行う規格専門エンジニアは必ずしも同一である必要はない。規格専門エンジニアが、設計仕様書、設計報告書（関連する設計図面および設計分析レポートを含む）、製造仕様書、及び据付仕様書を確認する時の確認項目については、12-1332 から 12-1335 に示されている。

3. FM-1400の技術背景

3.1 品質保証（FM-1400）

品質保証（QA）に関する要件は、製品がその機能を十分に発揮することを保証するための技術要件とともに満たされなければならない。日本の原子力分野における設計・建設基準は、品質保証に関する要求事項を一冊の本で直接規定しておらず、別の基準委員会から別途発行される QA 基準が適用されている。

本規格での品質保証は、適合性評価同様、ASME 規格との整合性に配慮し、かつ、ITER への適用を想定し、国際的に受入可能な内容を有する必要がある。このため、QA プログラムに関する要件は、TF 構造物へ適用される技術要件と同時に使用される一般要件として、必要最小限にとどめ、FM-1400 として本文中に記載されている。

ITER は基本的に実験施設であり、TF コイルは非安全機器である。一般に、QA の要件は製品の特性に応じたものである必要があり、TF 構造物では、過度な品質保証を要求する必要はない。一方、製造者等の既存の QA プログラムの活用を可能とし、合理的な品質保証活動を実施すべきである。そこで、QA 要求事項は、原子力施設で広く使用され、十分な実績を有する NQA-1-1994 の基本要求事項を参考に作成され、NQA-1-1994 の補足要求事項の中から、ITER 計画に必須の要求事項を選択して本文中で規定している。なお、NQA-1 は原子力機器への要件であるが、ISO9001:2000 に比較して、要求事項の規定が実用的であることから、NQA-1 をベースとして作成されている。

品質保証要件は以下に示す 18 項目から構成されており、各規定は NQA-1 に比較して簡素化された性能ベースの要件を構成するように設計されている。FM-1400 の構成と概要を表 3a、3b に示す。また、使用者が性能ベースの品質保証を実施する観点からの推奨事項等

を非強制の APPENDIX に記載し、QA 要求の肥大化防止に配慮している。

- ① 組織 (FM-1441.1参照)
- ② 品質保証プログラム (FM-1441.2参照)
- ③ 設計管理 (FM-1441.3参照)
- ④ 調達文書管理 (FM-1441.4参照)
- ⑤ 指示書, 手順書および図面 (FM-1441.5参照)
- ⑥ 文書管理 (FM-1441.6参照)
- ⑦ 購入品および役務の管理 (FM-1441.7参照)
- ⑧ 構成品の識別および管理 (FM-1441.8参照)
- ⑨ 特殊工程管理 (FM-1441.9参照)
- ⑩ 検査 (FM-1441.10参照)
- ⑪ 試験管理 (FM-1441.11参照)
- ⑫ 計測・試験機器の管理 (FM-1441.12参照)
- ⑬ 取扱, 保管および出荷 (FM-1441.13参照)
- ⑭ 検査・試験の状態 (FM-1441.14参照)
- ⑮ 不適合品の管理 (FM-1441.15参照)
- ⑯ 是正処置 (FM-1441.16参照)
- ⑰ 品質保証記録 (FM-1441.17参照)
- ⑱ 監査 (FM-1441.18参照)

NQA-1 基本要素事項への追加項目は、ITER 超伝導マグネットの特徴を考慮して選定されており、概要を以下に示す。

- ① 多数の組織が参画する大型プロジェクトであること
⇒ 「複数組織」に関する QA 要求事項を追加 (FM-1441.1 参照)
- ② 実績の無い開発品であり、経験が浅く、設計の難易度が高い
⇒ 設計管理・計算機ソフトに関する QA 要求事項を充実 (FM-1441.3 参照)
- ③ 基本的には非原子力グレード品
⇒ 指示書・手順等へのグレード分け適用を追加 (FM-1441.5 参照)
- ④ 軽水炉等原子力経験の無い新規供給者、製造者の採用
⇒ 供給者や製造者の QA プログラムの評価要求を追加 (FM-1441.7 参照)
- ⑤ 軽水炉に無い特殊な製造プロセス
⇒ モニター等間接管理の適用を追加 (FM-1441.10 参照)
- ⑥ 厳しい清浄度管理要求
⇒ 必要時の保護環境条件の適用を規定 (FM-1441.13 参照)

表 3a FM-1400 の構成および概要 (1/2)

条項	名称	規定項目の概要	対応する NQA-1	NQA-1からの追加要件
1410	序文	(a)本規定の目的 (b) Appendix Aの位置付	—	—
1420	範囲と適用	(a)経営幹部の責任 (b)QA要員の役割と権限 (c)本条項(QAプログラム確立)の要求範囲	—	—
1430	実施	・Appendix A の引用	—	—
1440	品質プログラム			
1441.1	組織	(a)QAプログラム確立・実施の責任 (b)組織及び責任所掌に関する要求事項 (c)権限の委譲と責任の保持 (d)複数組織間のインターフェース	Basic-1	(c)&(d)項は1S-1を参考に追加
1441.2	品質保証プログラム	(a)QAプログラム確立に関する要求事項 (b)QAプログラム遂行に関する要求事項 (c)教育・訓練及び資格認証に関する要求事項 (d)経営幹部によるアセスメント	Basic-2	—
1441.3	設計管理	設計管理全般 (a)設計インターフェースの管理 (b)設計インプットの管理 (c)設計の実施管理 (d)設計レビューの管理 (e)設計アウトプット (f)/(g)計算プログラムの管理	Basic-3	基本要求事項に以下を追加 (a)～(e)項は3S-1を参考に追加 (f)/(g)項は11S-2を参考に追加
1441.4	調達文書管理	・設計ベースの明確化	Basic-4	—
1441.5	指示書・手順書および図面	・指示書・手順書および図面による管理 ・結果の合否判定基準の明示 ・グレードに応じた記載レベル	Basic-5	「グレードに応じた記載レベル」は新規に追加

表 3b FM-1400 の構成および概要 (2/2)

条項	名称	規定項目の概要	対応する NQA-1	NQA-1からの追加要件
1441.6	文書管理	・文書の発行及び配布の管理	Basic-6	—
1441.7	購入品および役務の管理	・購入品・役務の管理の確立 ・供給者のQAプログラムの評価	Basic-7	「供給者のQAプログラムの評価」は新規に追加
1441.8	構成品の識別および管理	・構成品の識別の維持	Basic-8	—
1441.9	特殊工程管理	・認証された要領・要員による実施の管理	Basic-9	—
1441.10	検査	(a)検査検査プログラムの確立、及び検査員の独立性 (b)検査要求事項・判定基準の明確化 (c)間接管理(プロセスモニター)の適用 (d)ホルトポイント管理	Basic-10	(c)&(d)項は10S-1を参考に追加
1441.11	試験管理	・試験実施の管理	Basic-11	—
1441.12	計測・試験機器の管理	・校正・調整及び精度の維持	Basic-12	—
1441.13	取扱、保管および出荷	(a)取扱、保管、清掃、梱包、出荷、保管の管理 (b)必要時の保護環境条件の適用	Basic-13	(b)項は13S-1を参考に追加
1441.14	検査・試験の状態	・検査・試験の状態の識別	Basic-14	—
1441.15	不適合品の管理	(a)不適合品の誤用防止管理 (b)不適合品の処置の決定	Basic-15	(b)項は15S-1を参考に追加
1441.16	是正処置	・品質に反する状態の識別と是正処置の実施 ・是正処置の経営幹部への報告と処置完了の検証	Basic-16	—
1441.17	品質保証記録	・QA記録の管理に関する要求事項 ・QA記録自体に関する要求事項	Basic-17	QA記録自体に対する要求事項は17S-1を参考に追記
1441.18	監査	・監査の実施に関する要求事項 ・監査員の被監査活動からの独立性	Basic-18	—

3.2 品質保証プログラムの実施に関する指針（APPENDIX 1A）

軽水炉の品質保証では、文書ベースの品質保証による品質要求の肥大化が課題の一つである。このような軽水炉の経験を踏まえ、APPENDIX 1A は、性能ベースの品質保証を実施する観点からの推奨事項や注意点を示したガイドラインとなっており、APPENDIX 1A で示される品質保証上の主要な点は以下のとおりである。

- ① ライン管理者の判断の重視
- ② 手順書やチェックリストより知識、経験、理解に重きを置く
- ③ 活動(プロセス) や文書よりも製品性能、役務内容に重きを置く
- ④ 活動を充分熟知した人による審査を重視

APPENDIX 1A では、FM-1400 に示した 18 項目の品質保証要件毎にガイドラインが示されている。APPENDIX 1A の構成及び概要を表 4a、4b に示す。APPENDIX 1A は非強制であり、APPENDIX 1A の利用は使用者の判断によることになる。

表 4a APPENDIX 1A の構成および概要（1/2）

条項	名称	ガイドライン記載項目の概要
1A-1000	一般原則	
1A-1100	適用	・非強制であり本規格の要求事項の一部ではない ・QAプログラム実施に際しての注意事項・推奨事項等を示す
1A-1200	品質保証プログラムのキポイント	(a)QAプログラムの目的に関する一般的説明 (b)文書以外のレビューの重要性 (c)技術を熟知した要員による検証と経営幹部へのフィードバックの重要性 (d)QAプログラムに対する管理者のコミットメント (e)検証活動の独立性 (f)QAプログラムのキポイントのまとめ
1A-2000	品質保証の適用に関する指針	
1A-2100	品質保証プログラム	・实际的で実効性本位のQAプログラムの重要性
1A-2100.1	組織	(a)経営幹部のQAプログラムへの関与の重要性 (b)監査員の必要性 (c)問題のある状態の技術者への報告の重要性 (d)受入検査員からの管理者への報告 (e)構成品・役務の合否判定基準の確立 (f)主任監査員の認証に関する要求 (g)監査員の訓練や資格更新等に関する要求 (h)検証が必要な特性の明確化 (i)QAプログラムの適用対象の明確化
1A-2100.2	品質保証プログラム	(a)品質に影響を与える作業活動の規定 (b)要員の訓練要求の規定 (c)QAプログラムの要求事項の定義と、実施に関する問題点の解決 (d)規格・標準に適合する要求事項の明確化
1A-2100.3	設計管理	(a)設計管理の範囲・方法に関する要求事項の確立 (b)設計インプット・設計検証に関する基準の設定 (c)技術標準や設計者の知識・経験の活用 (d)管理者が技術者の技量を保証する責任 (e)技術管理者による技術的判断の検証・承認 (f)同輩技術者(博識な技術者)によるチェック (g)計算機ソフトウェアへの品質保証の適用
1A-2100.4	調達文書管理	(a)重要性・複雑性と整合したQAレベルの決定 (b)調達文書に含めるべきQA要求事項の明確化
1A-2100.5	指示書・手順書および図面	(a)記載の詳細さの程度決定、及び簡明・明瞭、且つ必要最小限の文書記載 (b)指示書・手順書・図面を必要とする技術活動の明確化 (c)文書化された指示書・手順書無しでの日常定型業務の遂行

表 4b APPENDIX 1A の構成および概要 (2/2)

条項	名称	ガイドライン記載項目の概要
1A-2100.6	文書管理	(a)受入れ基準を含める文書の明確化 (b)文書化の要求レベルや変更時の審査・承認レベルの決定 (c)プロセス・手順を定義する文書の確実な管理
1A-2100.7	購入品および役務の管理	・受入検査として適用可能な評価・検査・試験の決定
1A-2100.8	構成品の識別および管理	・識別及びトレーサビリティに対する詳細な要求の規定
1A-2100.9	特殊工程管理	・特殊工程に必要な管理項目の決定、及び認証有効期限の許容範囲の定義
1A-2100.10	検査	(a)必要な検査、及び結果の文書化の明確化 (b)検査員が必要な技術専門能力を持つことの確実化 (c)本規格によらない試験の要員に対する管理者の裁量権
1A-2100.11	試験管理	・試験の形式・合否判定基準等の規定
1A-2100.12	計測・試験機器の管理	(a)検証に用いる測定・試験装置の特性の明確化 (b)リスク判断に基づく校正間隔の決定 (c)校正が必要な機器と、その精度要求の明確化 (d)定期的チェックによる校正状態の維持の確認
1A-2100.13	取扱、保管および出荷	取扱、保管、出荷に関する必要な管理項目の明確化
1A-2100.14	検査・試験の状態	管理対象とする検査・試験・運転状態の明確化
1A-2100.15	不適合品の管理	(a)構成品の不合格はハードウェア特性の不具合による (b)文書や手順書の不具合は必ずしも構成品の不適合を意味しない
1A-2100.16	是正処置	(a)不適合再発時の根本原因の再評価 (b)ハードウェアの最終的品質を確実にするための適切な是正処置 (c)「品質に反する重大な問題」と管理手順・文書化上の問題との区別 (d)担当管理者による「重大」な状態の定義
1A-2100.17	品質保証記録	(a)不可欠なデータの決定と、その収集・保管・検索方法の決定 (b)記録の索引の必要性 (c)RT写真再生に関する条件 (d)プラント運転後に無用となる不必要な記録の収集の取止め (e)記録の集約や要約 (f)記録の電子化に際しての要求事項・注意事項
1A-2100.18	監査	(a)監査員の被監査業務への理解の重要性 (b)QAマニュアルによる監査頻度の明確化 (c)経営幹部による監査員の技術経験及び技能の確実化 (d)監査員の追加条項の推奨とその最終判断の権限