

核融合原型炉の超伝導マグネット構造規格に 関わる材料規定の検討作業

仕様書

令和7年9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

核融合原型炉の超伝導マグネット構造規格に関わる材料規定の検討作業

1.2 目的及び概要

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。）では、原型炉アクションプランに基づいて原型炉の構造健全性を確保し、維持するための核融合設備規格の整備を進めているとともに、トロイダル磁場（TF）コイルのコスト合理化を目指した概念設計を進めている。本件では、日本機械学会(JSME)発行の超伝導マグネット構造規格(2017年 版)（JSME S KA1-2017）（以下、JSME規格という）の材料規定に関わる改訂について検討するとともに、原型炉用高強度低温鋼の試験結果の分析及び候補材組成の検討を実施し、原型炉用超伝導マグネット構造規格の材料規定の整備と概念設計の最終化に資する。

1.3 作業項目

核融合設備規格の整備の一環として以下の調査・検討作業を行う。

- (1) JSME規格の材料規定の改定に関する検討
- (2) 原型炉用高強度低温鋼の試験結果の分析
- (3) 原型炉用高強度低温鋼の候補材組成の検討
- (4) 報告書の作成

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
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

青森県上北郡六ヶ所村大字尾駸字表館2番地166

QST六ヶ所フュージョンエネルギー研究所 管理研究棟 217号室

1.6 納期

令和 8 年 2 月 27 日

1.7 貸与品

受注者は、本作業に当たり必要に応じて、QSTが所有するこれまでの成果報告書を閲覧することができる。

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たことをもって検査合格とする。

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、別添 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生じた場合は、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り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 打合せ等

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。

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

核融合設備規格の整備の一環として 2.1～2.3 項に従い、以下の項目を実施すること。

- (1) JSME規格の材料規定の改定に関する検討
- (2) 原型炉用高強度低温鋼の試験結果の分析
- (3) 原型炉用高強度低温鋼の候補材組成の検討
- (4) 報告書の作成

2.1 JSME規格の材料規定の改定に関する検討

原型炉の構造規格整備の一環として、材料規定などを見直したJSME規格改訂案は、機械学会発電用設備規格委員会の審議を経て最新版として発行される予定である。そこで、本件では、以下を実施すること。

- (1) JSME規格の材料規定のトカマク作業会等への説明資料の作成
- (2) トカマク規格作業会、規格委員会等からの意見に対する対応資料の作成
- (3) 意見対応による規格の改定案の作成
- (4) 規格値の決定方法の調査

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を使用する場合の品質確認について調査する。また、機械学会の材料専門委員会で進められている新規材料の規格値の決定方法等について調査する。

(5) 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。

(6) 材料のばらつきに関する検討

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ポイントとなる。そこで、ITERのTFコイルで使用された構造材料の材料強度について、変動係数を調査するとともに、平均値を求めるために必要なデータ数について検討する。

(7) 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。

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いる。QSTから提供する情報を基に、4K試験への適用可能性を検討する。

2.2 原型炉用高強度低温鋼の試験結果の分析及び候補材組成の検討

核融合原型炉では極低温（約4K）下で十分な強度及び靱性を有する新規材料の開発が必要である。このため、0.2%耐力（4K）1600MPa以上、4K破壊靱性値（ $K_{Ic}(J)$ ）120MPa $\sqrt{m}$ 以上を目標とした材料開発を進めている。昨年度までに高Cr-Ni系の8鋼種の小規模試作（小溶解材50kg程度）試験の結果を分析し、高Cr-Ni系の候補材料の基本成分に関する知見を得た。また、昨年度は高Mn系4鋼種の小規模試作（小溶解材50kg程度）試験を実施した。さらに、今年度は新たな鋼種の試作を進める予定である。

このような背景の下、本件では、以下の作業を実施すること。

- (1) 高Mn系4鋼種の小規模試作材の試験結果分析
- (2) 高強度低温鋼の試作の実施要領等の検討
- (3) 最終的な候補材料の組成検討

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

2.3 報告書の作成

2.1～2.2項で実施した内容を報告書にまとめること。

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