

# TBM 試作用トリチウム増殖材微小球の製作

## 仕様書

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  
ブランケット研究開発部  
ブランケット工学研究グループ

## 1. 一般仕様

### 1.1. 件名

TBM 試作用トリチウム増殖材微小球の製作

### 1.2. 目的

国際熱核融合実験炉(以下「イーター」という。)にて核融合炉ブランケットの実証試験を行うために国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構(以下「量研」という。)が開発を進めているテストブランケットモジュール(以下「TBM」という。)において、試作を行う計画である。サブモジュールにはトリチウム増殖材として、 $\text{Li}_2\text{TiO}_3$  微小球を装荷する設計案が提案されており、本件は、TBM 試作用トリチウム増殖材( $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ )微小球の製作を行うものである。

### 1.3. 契約範囲

#### 1.3.1 契約範囲内

- (1) エマルジョン製  $\varphi 1\text{ mm}$  の  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$  微小球の製作 (6100 g)
- (2)  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$  微小球の品質確認試験
- (3) 提出図書の作成

#### 1.3.2 契約範囲外

第1章3項1号記載の契約範囲内に記載なきもの

### 1.4. 納期

令和9年10月29日

### 1.5. 納入場所及び納入条件

#### (1) 納入場所

青森県上北郡六ヶ所村大字尾駒字表館 2-166  
QST 六ヶ所フュージョンエネルギー研究所 ブランケット工学試験棟事務室1

#### (2) 納入条件

輸送渡し

## 1.6. 検査条件

第2章に示す作業完了後、第1章7項に定める納入品の員数検査・外観検査及び提出図書の確認を行い、報告書の内容が第2章に定める技術仕様を満足しているとQSTが認めたときをもって検査合格とする。

## 1.7. 納入品（提出図書含む）

納入品名	提出時期	数量	確認*
φ1 mm Li <sub>2</sub> TiO <sub>3</sub> 微小球、6000 g	納入時	1式	要
作業体制及び工程表	契約後速やかに	2部	要
品質保証計画書	契約後速やかに	2部	要
再委託承諾願 (QST 指定様式)	作業開始2週間前まで ※下請負などがある場合に 提出のこと	2部	要
品質確認試験検査要領書	試験検査着手前	2部	要
報告書 (仕様確認試験と品質確認試験 結果を含む)	納入時	2部	要
打合せ議事録	打合せ後2週間以内	2部	要
電子データ	隨時	1部	不要

\*確認を要する図書の確認方法は以下とする。

QSTは、確認のために提出された図書を受領したときは、期限日を記載した受領印を押印して返却する。修正が必要な場合は、当該期限日までに修正を依頼する。この確認は、確認が必要な図書1部をもって行うものとする。

ただし、再委託承諾願(QST 指定様式)については、QSTが確認後、文書にて回答するものとする。

電子データのファイル形式はQSTと受注者協議の上、決定するものとする。

## 1.8. ホールドポイント

品質保証の一環として、ホールドポイントを設ける。ホールドポイントでは、受注者は作業を停止し、後続タスクの開始前にQSTにホールドポイントの解除を求めなければならない。QSTは、受注者から適切な文書を受領した日から14日以内に、受注者に対して、ホールドポイントの解除の是非を判断するものとする。

(1) ホールドポイント名称：品質確認試験検査要領書の作成

(2) 後続タスク：品質確認試験

(3) 解除の条件：QSTによる「品質確認試験検査要領書」の確認

### 1.9. 知的財産権、技術情報及び成果公開等の取り扱い

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」 及び別紙－2 「イータ－実施協定に係る情報及び知的財産に関する特約条項」 に定められたとおりとする。ただし、秘密保持について、イーター機構が原子力事業者としての義務を果たすために、その安全性、品質保証、信頼性のための目的で情報及び知的財産の伝達を要求した場合、QST により当該情報及び知的財産をイーター機構に伝達するものとする。当該情報及び知的財産の伝達について、QST は実施した日から 1 か月以内に受注者に通知する。伝達された情報及び知的財産が秘密なものであって、イーター協定と情報及び知的財産に関する附属書に従って秘密を保持し続けられなくてはならない場合、QST はその旨をイーター機構に通知するものとする。QST 及び受注者は、本契約に関して、単独又は共同でなした発明等の内容を出願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を行った者の了解を得た場合はこの限りではない。

### 1.10. 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。

### 1.11. 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 $\phi 1\text{ mm}$ $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ 微小球の製作

炭酸リチウム( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ )と二酸化チタン( $\text{TiO}_2$ )を原料とし、エマルジョン法にて  $\phi 1\text{ mm}$   $\text{Li}_2\text{TiO}_3$  微小球を製作する。

### 2.2 粉末準備

まず、炭酸リチウム( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ )と二酸化チタン( $\text{TiO}_2$ )を原料とし、Li と Ti の比が理論組成の 2.00 となるように合成する。単一相で、高純度(>99%)の  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$  の仮焼粉末を準備し、 $\text{Li}_2\text{TiO}_3$  微小球を製作するための始発粉末とする。

### 2.3 製作要領

エマルジョン法による  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$  微小球の製作は、製作フロー(図 1)を基準として行う。

粉末調整工程に関しては、 $\text{Li}_2\text{TiO}_3$  微小球の結晶粒径を目標値 ( $5\text{ }\mu\text{m}$ ) 以下にするため、最適化し、微小球を製作する。造粒工程に関しては、エマルジョン法にて、粒子径が均一な  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$  微小球の成形体を製作する。その製法は、仮焼処理した  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$  始発粉末に、バインダと水を加えてスラリを作製し、オイルとの表面張力をを利用して球状の液滴を生成させ、洗浄・乾燥を行うことによって、 $\text{Li}_2\text{TiO}_3$  の球状粒子成形体を得るものである。この工程では、微小球寸法や真球度などの観点から重要である。

焼成工程に関しては、まず、大気中  $600^\circ\text{C}$  以上で仮焼し、バインダを揮発させる。次に、アルミナ製容器の中に仮焼した微小球を入れ、リチウムの揮発を防止するために、蓋をして密閉した状態で  $1000^\circ\text{C}$  以上の温度で焼結させ、緻密な微小球を製作する。この工程では、表面に緻密な膜 ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ) が形成しない最適化熱処理条件を確認する。

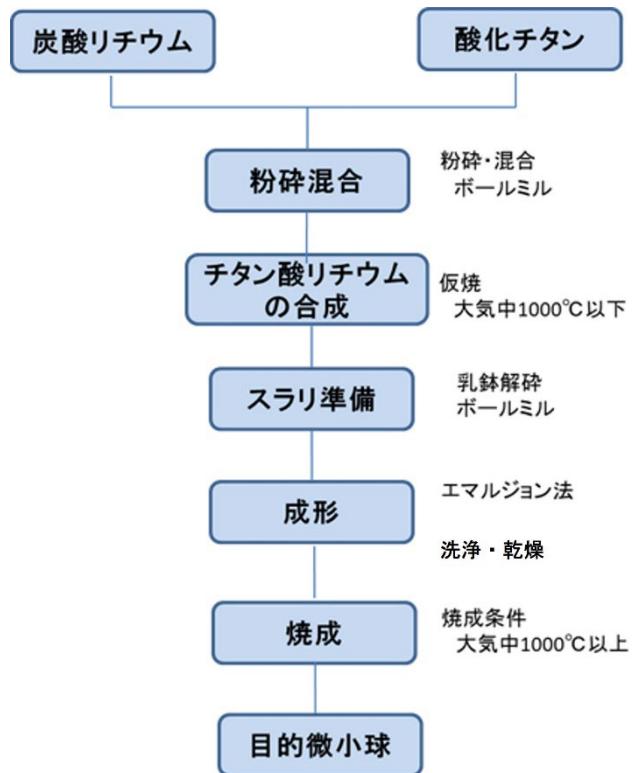


図1 エマルジョン法による  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ (チタン酸リチウム)微小球の製作フロー

#### 2.4 製作仕様

表1に、 $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ 微小球の製作仕様を示す。下記の仕様確認試験、1)から5)まで実施し、その結果を報告書に記載することとする。

表1.  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ 微小球の製作仕様

製造方法	エマルジョン法
焼結温度	約 1000°C～1200°C
寸法	平均直径 $1\text{mm}\pm0.1\text{mm}$
気孔率	20%以下
結晶粒径	$5\mu\text{m}$ 以下
表面組織	表面に緻密な膜がないこと (SEM 画像にて観察)
製作球数量	6100 g
真球度 (平均)	0.95 以上

### 1) 寸法

微小球の表面を目視、マイクロスコープで観察し、評価する。微小球の外径は、製作した球を任意に抽出し、直径の平均径を算出する。

### 2) 気孔率

水銀ポロシメータ (JIS R1655) により、微小球の気孔率を測定し、焼結性を確認する。

### 3) 結晶粒径

製作した球の一部の任意に抽出し、SEM 観察により、粒子径を評価する。

### 4) 表面組織

製作した微小球に関して SEM 観察を行い、表面の緻密膜の有無を観察する。

### 5) 製作球数量

製作球数量としては、Li<sub>2</sub>TiO<sub>3</sub> 微小球を 6100 g とする。

## 2.5 Li<sub>2</sub>TiO<sub>3</sub> 微小球の品質確認試験

製作した Li<sub>2</sub>TiO<sub>3</sub> 微小球の品質を確認するために、2.4 項の仕様確認試験 1) から 5) 以外に下記の項目の品質確認試験を実施する。2.3) 製作要領に基づき重量 6100g、1 mm の Li<sub>2</sub>TiO<sub>3</sub> 微小球を製作し、そのうち 100 g を仕様確認試験用及び品質確認試験用として使用することとする。また、炭酸リチウム (Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、天然比) と仮焼処理した Li<sub>2</sub>TiO<sub>3</sub> 始発粉末も下記 3) の元素分析を行う。

### 1) 最大圧壊荷重値の測定

微小球の最大圧壊荷重 (JIS Z8841) を測定する。

### 2) 結晶構造解析

粉末 X 線回折装置 (XRD) 等を使用し、焼結した微小球の結晶 構造解析を行う。

### 3) 元素分析

表 2 に示す元素の定量分析を行う。各元素 (28 元素) の分析方法及び各元素の定量下限値は表 2 を参照すること。また分析した定量値から <sup>6</sup>Li と <sup>7</sup>Li の総量に対するチタンのモル比 (Li/Ti 比) と Li<sub>2</sub>TiO<sub>3</sub> 微小球中の <sup>6</sup>Li 濃縮度を算出する。分析方法が表 2 に定めるものと異なる場合は、その方法を QST と協議の上決定するものとする。報告書には、分析結果を記載するとともに、分析前処理等を含む分析方法における詳細な条件を記載すること。

表 2.  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$  微小球の元素分析

No	元素	定量下限値[ppm]	分析方法
1	${}^6\text{Li}$	1000	ICP-MS 法
2	${}^7\text{Li}$	1000	ICP-MS 法
3	Ti ( $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ )	1000	ICP-AES 法
4	O	1000	赤外線吸収法
5	B	10	吸光光度法
6	C ( $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ )	10	赤外線吸収法
7	Na	10	原子吸光法
8	Mg	10	ICP-MS 法
9	Al	10	ICP-MS 法
10	Si	100	ICP-AES 法
11	S	20	イオンクロマト法
12	Cl	10	イオンクロマト法/GD-MS (グロー放電質量分析法)
13	K	10	原子吸光法
14	Ca	10	ICP-MS 法
15	V	1	ICP-MS 法
16	Cr	1	
17	Mn	1	
18	Fe	1	
19	Co	1	
20	Ni	1	
21	Cu	1	ICP-MS 法
22	Zn	1	ICP-MS 法
23	Y	1	
24	Zr	10	ICP-MS 法
25	Cd	1	ICP-MS 法
26	Hf	1	
27	Hg	0.1	AAS 法
28	Pb	1	ICP-MS 法

(要求者)

部課（室）名：六ヶ所フュージョンエネルギー研究所  
ブランケット研究開発部 ブランケット工学研究グループ

氏名：金宰煥

以上