

リチウム同位体分離濃縮用 小型カスケードシステムの製作

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
増殖機能材料開発グループ

1. 目的

本件は、国際熱核融合実験炉(イーター)に設置して核融合炉ブランケットの機能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「QST」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、トリチウム増殖材料原料となるリチウム6を分離濃縮する技術開発に必要な、小型カスケードシステムを製作するものである。

2. 実施範囲

本製作の適用範囲を以下に示す。

- (1) 小型カスケードシステムの設計
- (2) 小型カスケードシステムの製作
- (3) 小型カスケードシステムの設置
- (4) 電力ケーブルの設計、製作及び敷設

本製作を行うに当たり、装置構成に関する基本的アイデアはQSTが受注者に提示する。受注者はQSTのアイデアに基づき最適な装置設計を行い、製作の前にQSTに設計図面を提出し、その確認を得るものとする。

3. 小型カスケードシステムの製作

3-1. 小型カスケードシステムの基本仕様

QSTでは、イオン伝導体をリチウム分離膜としたイオン伝導体分離法によるリチウムの分離回収及び同位体の分離濃縮技術の開発を行っている。

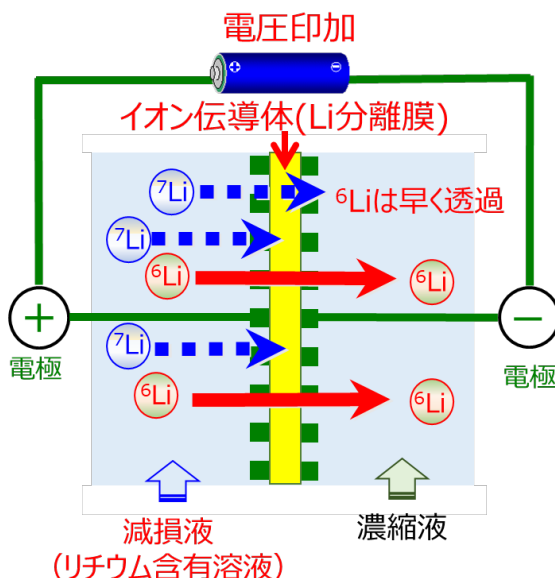


図1 イオン伝導体をリチウム分離膜としたリチウム分離回収・同位体分離の原理

イオン伝導体分離法では、図1に示すように、リチウム含有溶液と濃縮液間をイオン伝導体にて隔離し、イオン伝導体の両端に配置した電極に電圧を印加することで、リチ

ウム含有溶液中のリチウムイオンのみを濃縮液側へ選択的に移動させる。イオン伝導体中をリチウムイオンが移動するとき、質量数6のリチウム6は質量数7のリチウム7よりも早く移動するため、濃縮液中のリチウム6の比率はリチウム含有溶液よりも上昇する。また、リチウム含有溶液中のリチウム6の比率は電圧印加前よりも減少するため、減損液となる。この過程の繰り返しによりリチウム6の濃縮が可能となる。カスケードシステムとはこのリチウム分離濃縮装置を連結し、段階的に濃縮するシステムをいう。

本仕様書では、QST が受注者に提示する小型カスケードシステムの基本的アイデアを以下に示す。小型カスケードシステム全体の詳細フロー図例を図2に示す。詳細フロー図はあくまで一例であり、この限りではない。各主要設備の詳細は次項より記載する。

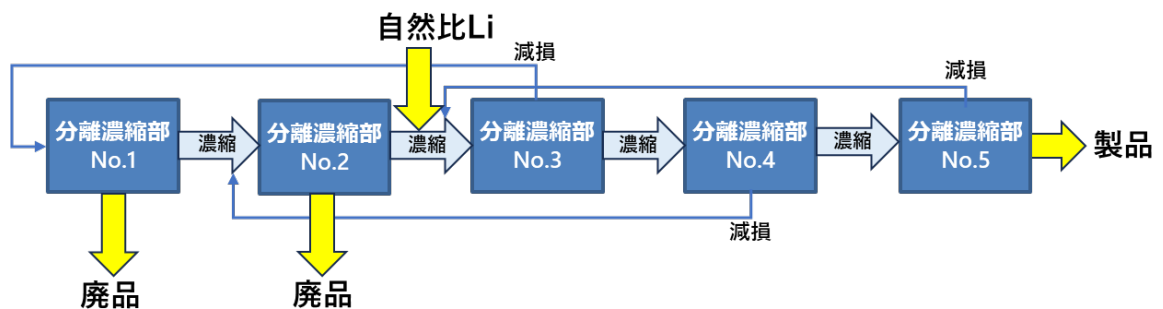


図2 小型カスケードシステムの詳細フロー図例

3-2. 分離濃縮部

小型カスケードシステムは図2に示すように複数の分離濃縮部により構成される。分離濃縮部は、イオン伝導体ホルダーユニットと周辺設備によって構成される。図3に分離濃縮部の概念図を示す。分離濃縮部では循環液タンクを通じて溶液が循環しており、各分離濃縮部の最も濃縮される位置から濃縮液が、最も減損される位置から減損液がそれぞれ一部拔出される。また、各分離濃縮部は下流からの濃縮液流および上流からの減損液流で連結される。そのため、濃縮液タンクは上流の循環液タンクを、減損液タンクは下流の循環液タンクをそれぞれ兼ねる。なお図3の循環液タンクの位置は一例であり、この限りではない。

図2の場合、濃縮液は1段上流に、減損液は2段下流に連結するため、最も濃縮される製品タンクは1つ、減損される廃品タンクは2つとなる。

分離濃縮部の基本仕様を表1に示す。当該装置を構成する各要素は、以下のような用途や特徴を備えるものとする。

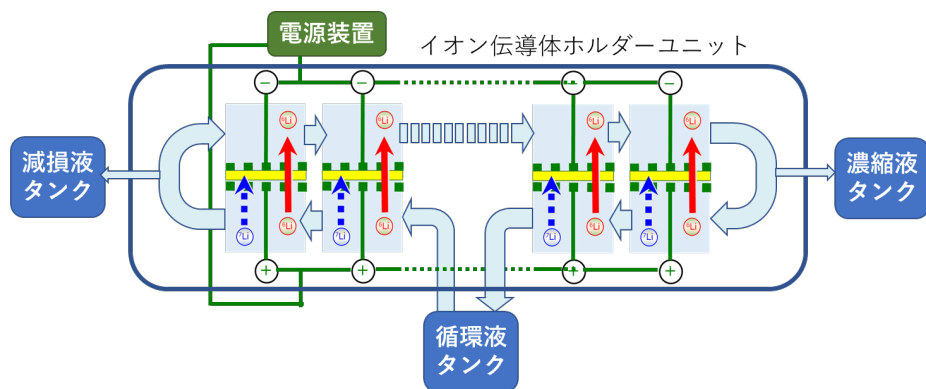


図3 分離濃縮部概念図

表1. 分離濃縮部の基本仕様

項目	仕様
Li 濃度	0.1～2.0 mol/l 程度
稼働時間	連続運転1ヵ月以上
測定項目	運転時間、印加電圧、電流、液温、流量、その他（QST と協議の上、決定する）
イオン伝導体ホルダーユニット格納数	4基
循環液タンク数	1基
接続チューブ材質	PFA 等
印加方式	直流
印加電圧	0～10V 程度
測定電流値範囲	0～10A 程度
循環流量	5 μ l/min～5 ml/min 程度
拔出流量	5 μ l/min～5 ml/min 程度
1ユニット当たりの想定ガス発生量	陽極側 O ₂ : 0.5 l/hr ～ 0.8 l/hr 陰極側 H ₂ : 1.0 l/hr ～ 1.5 l/hr (1時間当たりのリチウム移動量から算出)

3-2-1. イオン伝導体ホルダーユニット

イオン伝導体ホルダーユニットは1ユニット当たり10個のイオン伝導体ホルダーからなる。イオン伝導体ホルダーは、イオン伝導体にリチウムイオンを透過させ、リチウム含有溶液から濃縮液へ移動させることによってリチウム6を分離濃縮する装置であり、1個当たり1枚のイオン伝導体が装備され、減損液層に陽電極、濃縮液槽に陰電極を備えている。当該イオン伝導体はQSTより支給する。図4にイオン伝導体ホルダーの概念図を示す。

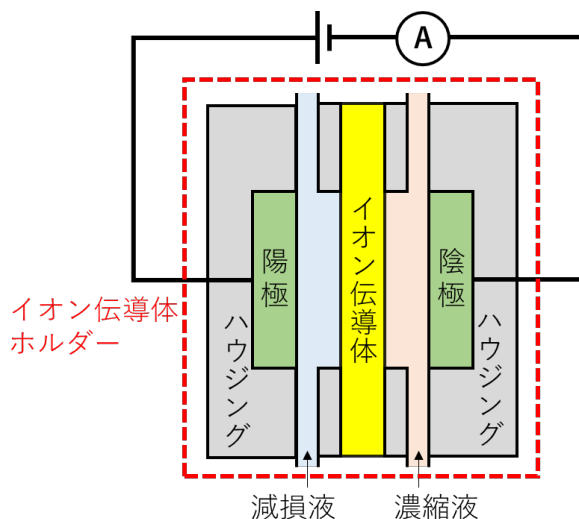


図4 イオン伝導体ホルダー概念図

イオン伝導体ホルダーは循環液タンクとチューブで接続され、内部をリチウム含有溶液が循環する。また電源装置に接続され電圧が印加される。電極で発生するガスは可能であれば捕集できることが望ましいが、不可能であれば排気できるものとする。

イオン伝導体ホルダーユニットはイオン伝導体ホルダーとその接続機構によって構成される。また、イオン伝導体ホルダーユニットからは最も濃縮される位置から濃縮液が、最も減損される位置から減損液がそれぞれ一部抜出される。イオン伝導体ホルダーの仕様を表2に、イオン伝導体ホルダーユニットの仕様を表3に示す。各要素は、以下のような用途や特徴を備えるものとする。

表2. イオン伝導体ホルダーの基本仕様

項目	仕様
ハウジング材質	PVC 他、耐塩基性樹脂
装着イオン伝導体サイズ	縦 50mm×横 50mm×厚さ 0.5mm ・イオン伝導体はQSTが支給
電極サイズ	φ40mm、厚さ 2mm ・電極はQSTが支給

電極とイオン伝導体の距離	4mm（厚さ 2mm ガasketを含む） ・ガasketは QST が支給
--------------	---

表 3. イオン伝導体ホルダーユニットの基本仕様

項目	仕様
イオン伝導体ホルダー格納数	10 基
イオン伝導体ホルダー固定機構	一動作で固定できる機構：電動、空圧、油圧等
イオン伝導体ホルダー間 チューブ接続機構	一動作で着脱できる機構：電動、空圧、油圧等 着脱時に接続部から漏水を防ぐ機構
イオン伝導体ホルダー電極への 配線接続機構	一動作で着脱できる機構：電動、空圧、油圧等
溶液タンクとの接続	着脱時に接続部から漏水を防ぐ機構
電源装置との接続	バナナソケット等

3-2-2. 循環液タンク

循環液タンクは Li 含有溶液を貯蔵する。Li 含有溶液は強塩基性である。当該タンクへの Li 含有溶液貯蔵は手動で行うものとする。Li 含有溶液を採取及び排出可能な構造とする。当該タンクに貯蔵された Li 含有溶液はイオン伝導体ホルダーユニットにポンプ等の作用により送られる。また、イオン伝導体ホルダーユニットより還流される。当該タンク及び当該タンクにつながる配管は気密性を有する。当該タンクまたは当該タンクに継続するラインにサンプリング用のサンプリング口を設ける。当該タンクの仕様を表 4 に示す。

表 4. 循環液タンクの基本仕様

項目	仕様
本体材質	PVC 他、耐塩基性樹脂
主要装備	液面計（目視確認可）
貯水量	10 程度

3-3. 自然比リチウム供給タンク

自然比リチウム供給タンクは Li 含有溶液を貯蔵する。Li 含有溶液は強塩基性である。当該タンクへの Li 含有溶液貯蔵は手動で行うものとする。Li 含有溶液を採取及

び排出可能な構造とする。当該タンクに貯蔵された Li 含有溶液は分離濃縮部循環液タンクの 1 つにポンプ等の作用により送られる。当該タンク及び当該タンクにつながる配管は気密性を有する。当該タンクまたは当該タンクに継続するラインにサンプリング用のサンプリング口を設ける。当該タンクの仕様を表 5 に示す。

表 5. 自然比リチウム供給タンクの基本仕様

項目	仕様
本体材質	PVC 他、耐塩基性樹脂
主要装備	液面計（目視確認可）
貯水量	10ℓ 程度
数量	1 基

3-4. 製品タンク

製品タンクは Li 含有溶液を貯蔵する。Li 含有溶液は強塩基性である。分離濃縮部からポンプ等の作用により当該タンクへ Li 含有溶液が送られる。一定期間毎のサンプリングをするため、複数のタンクを要する。当該タンクにつながる配管は気密性を有する。当該タンクの仕様を表 6 に示す。

表 6. 製品タンクの基本仕様

項目	仕様
本体材質	PVC 他、耐塩基性樹脂
主要装備	液面計（目視確認可）
貯水量	100 mℓ程度
数量	1×3 基以上

3-5. 廃品タンク

廃品タンクは Li 含有溶液を貯蔵する。Li 含有溶液は強塩基性である。分離濃縮部からポンプ等の作用により当該タンクへ Li 含有溶液が送られる。一定期間毎のサンプリングをするため、複数のタンクを要する。当該タンクにつながる配管は気密性を有する。当該タンクの仕様を表 7 に示す。

表 7. 廃品タンクの基本仕様

項目	仕様
本体材質	PVC 他、耐塩基性樹脂
主要装備	液面計（目視確認可）
貯水量	20 程度
数量	2×3 基以上

3-6. 純水供給タンク

純水供給タンクは純水を貯蔵する。当該タンクへの純水貯蔵は手動で行うものとする。純水を排出可能な構造とする。当該タンクに貯蔵された純水は分離濃縮部循環液タンクにポンプ等の作用により送られる。当該タンク及び当該タンクにつながる配管は気密性を有する。当該タンクの仕様を表 8 に示す。

表 8. 純水供給タンクの基本仕様

項目	仕様
本体材質	PVC 他、耐水性樹脂
主要装備	液面計（目視確認可）
貯水量	100 程度
数量	1 基

3-7. その他の仕様および特徴について

3-7-1. 電源・制御装置

電源・制御装置は、分離濃縮部ならびに各所のポンプ等の動作を制御し、かつ電源供給を行う装置である。また、施設側から供給可能な電源電圧は単相 100V 若しくは単相 200V であり、小型カスケードシステムは単相 100V 若しくは単相 200V で動作するものとする。各装置の動作を制御する制御機能については QST と協議の上、決定する。

小型カスケードシステムの安全運転のために、各装置の信号パラメータ(流量値、電流値、電圧値、液面位置等)を取得し、異常(過電流、過電圧、温度上昇、漏水、漏電等)を検知判定して当該装置を安全に停止させることができるものとする。また、それらの信号パラメータは常に 1 つの画面上に集約されて表示されるものとし、運転者がその画面上でいつでも状況を鳥瞰できるものとする。信号パラメータ及び異常項目、

異常時の緊急停止等の詳細は、QST と協議の上決定する。また、夜間など運転員不在時でも安全に運転停止できる機能を有するものとする。

さらに、小型カスケードシステムの運転状態の解析のために、各装置の信号パラメータ(流量値、液量値、電流値、電圧値等)をロギングし、SD カード等の記録媒体を介して、PC 等で編集可能なデータとして取得することができるものとする。取得データ周期は 1 秒から 1 分程度とし、最大記録データ容量は 16GB 以上とする。

3-7-2. 防液堤

防液堤は、装置から漏水した各溶液がエリア外に流出することを防ぐ構造とする。さらに、防液堤には漏水検知器を設置し、漏水を検知した場合、装置を停止する、警報等で知らせる等の機構を設ける。

3-7-3. 装置サイズ

小型カスケードシステムの規模は、装置全体が幅 7000mm×奥行 1000mm×高さ 2000mm の範囲に収まる程度の大きさとする。装置の大きさについては目安であり、厳密なサイズを指定するものではない。設置エリアの概略図を図 5 に示す。

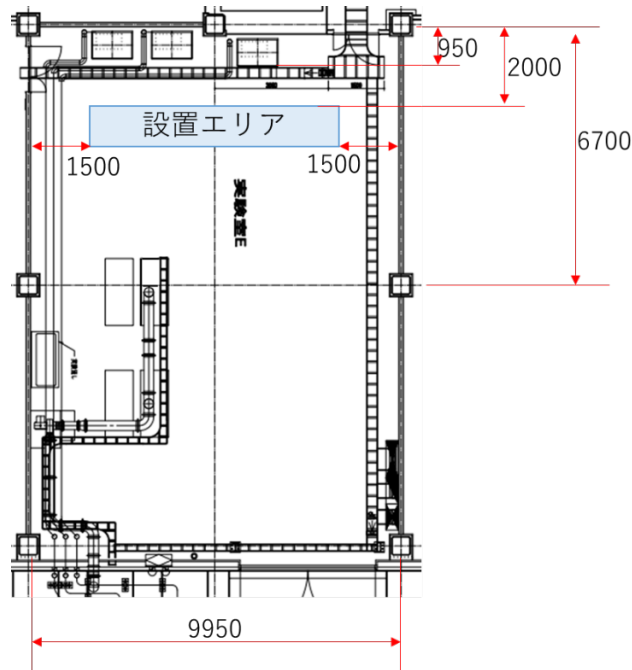


図 5 設置エリアの概略図

3-7-4. 小型カスケードシステムの構成品

小型カスケードシステムに求められる構成品を表 9 に示す。

表 9. 小型カスケードシステムの構成品

No	内容	員数	仕様
----	----	----	----

1	分離濃縮部	5 式	
2	イオン伝導体ホルダー	100 式	
3	イオン伝導体ホルダー ユニット	6 式	
4	送液ポンプ	1 式	
5	タンク	1 式	自然比リチウム供給用、製品用、廃品 用、純水供給用
6	電源・制御装置	1 式	
7	各種計器	1 式	
8	各種配管	1 式	

4. 電力ケーブルの敷設

共用分電盤（14800-EB-005）2 次側から小型カスケードシステムまでのケーブルを敷設、接続する。

敷設ルートについては実験室の既設ケーブルラックを使用可とする。既設ケーブルラック及び共用分電盤の位置の概略図を図 6 に示す。

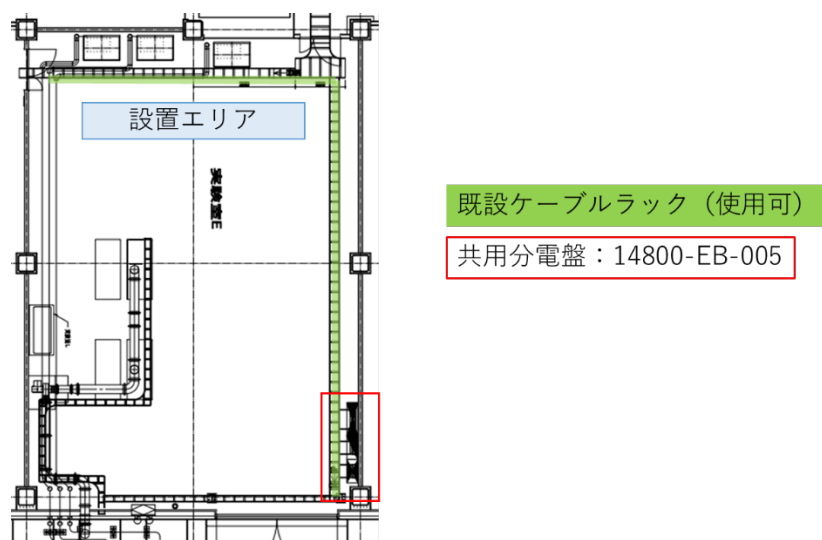


図 6 既設ケーブルラック及び共用分電盤位置の概略図

5. 試験検査

5-1. 製作した小型カスケードシステムの機能確認試験

製作した小型カスケードシステムを用い、仕様を満足することを証明する。現時点で考えられる試験検査項目を以下に示す。具体的な試験項目は QST と協議の上、決定する。

5-1-1. 分離濃縮部の機能確認試験

- ・電流値の測定機能確認試験
- ・送液ポンプの機能確認試験
- ・電圧印加試験
- ・漏水検査

5-1-2. 電源・制御装置の機能確認試験

- ・各装置の電源供給、制御の確認
- ・各種センサー動作試験
- ・異常発停信号試験（インターロック試験）

5-2. 設置後試験検査

製作し納品場所に設置した小型カスケードシステムは、下記の設置後試験検査を行う。試験検査の詳細は QST と協議の上、決定する。

- （１）外観検査
- （２）送液動作確認検査
- （３）電源・制御装置動作確認検査及び電圧印加試験
- （４）漏水検査
- （５）装置全体動作確認検査

6. 提出図書

（１）	工程表	契約後速やかに	紙面 1 部 電子 1 部	要確認
（２）	設計図面	製作着手前に	紙面 1 部 電子 1 部	要確認
（３）	試験検査要領書	製作着手前に	紙面 1 部 電子 1 部	要確認
（４）	打合せ議事録	打合せごとに	紙面 1 部 電子 1 部	要確認
（５）	完成図	納期までに	紙面 1 部 電子 1 部	
（６）	試験検査報告書	納期までに	紙面 1 部 電子 1 部	

7. 納期

令和 9 年 2 月 2 6 日

8. 納入場所・納入条件

(納入場所)

青森県上北郡六ヶ所村大字尾駸字表館 2-166

QST 六ヶ所フュージョンエネルギー研究所

ブランケット研究開発部 増殖機能材料開発グループ

ブランケット工学試験棟 実験室 E

(納入条件)

据付調整後渡し

9. 検査条件

第 8 項に示す納入場所に納入設置および第 5 - 2 項に示す設置後試験検査の確認の後、第 6 項に示す提出図書(電子ファイル含む)の確認をもって検査合格とする。

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) 提出図書（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。

11. 特記事項

- (1) QST 及び受注者は、本契約に関する作業を円滑に進めるために、必要に応じて打合せを行うものとする。
- (2) 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。

以上

(要求者)

部課室名：ブランケット研究開発部 増殖機能材料開発グループ

氏名：金 宰煥