

## 再発がん治療のための新素材ターゲット技術を用いた加速器型中性子捕捉療法システムの開発 製品名「加速器型 BNCT システム」

事業管理機関： 株式会社 CICS  
 事業実施機関： 独立行政法人国立がん研究センター、社会福祉法人仁生社江戸川病院、島根県産業技術センター  
 株式会社守谷刃物研究所、日本軽金属株式会社、田中貴金属工業株式会社  
 問い合わせ先： 株式会社 CICS 技術開発部（TEL 03-3529-6301 / Email: tec@cics.jp）

【事業成果概要】医療現場では、がん対策として再発がんの治療が最大の課題である。この課題解決のため原子炉で培われた中性子捕捉療法技術を活用し、病院設置を可能とする新素材リチウムターゲットを用いる加速器型中性子捕捉療法システムの開発を行った。本システムは競合品に比し全身被曝が少なく安全かつ低エネルギーという優位性がある。平成 30 年の上市を目指す。

### 【製品概要】

#### 加速器BNCTシステム:全体像と特徴

**特徴1: RFQライナック**  
超小型で大電流加速を実現



**特徴2-1: リチウム自動再生装置**  
・リチウム洗浄⇒乾燥  
・リチウム膜厚測定  
・リチウム蒸着の機能を有する



**特徴2: リチウムターゲット**  
・高除熱効率のリチウムターゲット  
・リチウム自動再生装置開発



**特徴3: コーン型リチウムターゲット**  
・平板に比べ単位面積当たりの熱量を軽減化。  
・背面の冷却水流路をスパイラルにすることで、高除熱効率を達成。



**特徴6: リフレクター**  
・熱中性子束密度の確保に効果的  
・ガンマ線シールド効果



**特徴4: モデレータ**  
・フッ化マグネシウム焼結体の製法確立  
・BNCTにもっとも優れた中性子エネルギー特性が得られる。



**特徴5: 新素材リチウムターゲット**  
・高熱伝導率素材  
・低放射化素材  
↓  
・リチウムターゲット基板に最適



**特徴7: 照射環境**  
・ターゲットで生成される中性子は照射口以外は完全遮断。  
・完全天吊り式



**特徴8: ターゲット冷却システム**  
・50kWの熱負荷を効率よく除去。  
・冷却条件自動制御。



製品名	加速器型中性子捕捉療法システム		一般的名称*	未定	
クラス分類*	クラスⅢ	許認可区分*	承認	申請区分*	新
製造販売業者	株式会社CICS		製造業者	株式会社CICS	
販売業者	未定		その他(部材供給)	株式会社守谷刃物研究所、日本軽金属株式会社、田中貴金属工業株式会社、株式会社昭和真空、株式会社光栄	
上市計画	国内市場		海外市場(具体的に: )		
薬事申請時期	2017	年	4	月	2018
上市時期	2018	年	5	月	2019
					年

(注) \*印は現時点の想定であり、今後変更される可能性がある。

## 1. 本機器が対象とする医療現場の課題・ニーズ

### (1) 侵襲から非侵襲へ：原子炉から加速器へ

がんの検診・診断法については多くの新技術が開発され早期発見も可能となったが、その治療法に関してはまだ対応が不十分である。

また、日本国内では侵襲的治療法が多いが、欧米で主流となっている非侵襲的治療法が医療現場で貢献できる環境は、有効な治療法が出現すれば十分に整っていくと思われる。

こうした状況の中で、ホウ素中性子捕捉療法は原子炉を用いた臨床研究で大きな成果が得られている。

しかし、原子炉では普及が困難であり、加速器を用いた BNCT システムが開発され、これまでにない新しいがんの治療法としてのニーズは非常に高い。

したがって多くの医療現場では加速器型 BNCT システムの実績を注視しており、特に国立がん研究センターでの加速器型 BNCT システムの動向が大きく注目されている。国立がん研究センターで本機器が稼働すれば、最新がん治療装置として導入を検討している医療機関はすでに複数ある。

## 2. 本機器の特徴・ポイント

### (1) ホウ素中性子捕捉治療に最適化された加速器中性子源

BNCTには10keVまでの低いエネルギーの熱外中性子が最適である。本機器ではリチウムをターゲットとした熱外中性子源の開発を行ったことで1MeVを超える有害な中性子は生成されず、安全な加速器中性子源を提供できる。

### (2) 新素材の応用による高除熱効率の実現化

加速器で加速された陽子線とリチウムとの核反応時に50kWもの熱量が発生する。この発熱量を新素材リチウムターゲット基板の開発およびそれに最適化されたリチウムターゲットシステムの開発により高効率での除熱を可能とした。

### (3) 高性能モデレータの製造技術開発

2.5MeVの陽子線とリチウムの核反応によって生成された中性子をBNCTに最適なエネルギーまで減速するためには、PHITSによる評価でフッ化マグネシウムが最適な減速材であった。このフッ化マグネシウムを焼結する技術はこれまでなく、その製造技術開発に成功した。これによりBNCTに最適なエネルギー特性の中性子の提供を可能とした。

### (4) ターゲットの機械的ダメージから保護する技術

BNCTに必要な中性子を得るためには大電流の陽子線とリチウムとの核反応が必要である。この大電流の陽子がターゲット基板と衝突することでブリスタリング現象によりターゲット基板を機械的破損さ

せる。このブリスタリング現象を防御する技術を開発したことで、機械的損傷を防ぐことが可能となり、熱外中性子の安定供給が可能となった。

## 3. 本機器の中核となる中小企業のものづくり技術

### (1) 株式会社守谷刃物研究所

高熱伝導率孫素材の製造技術を有する企業。

島根県産業技術センターと共同開発された新素材は、銅の約1.5倍の高熱伝導率を有する。本企業は新素材の製造・加工技術を有し、この技術の応用で新素材リチウムターゲットの製造・供給を行った。

### (2) 田中貴金属工業株式会社

ブリスタリング現象によるターゲット基板の保護には陽子線照射によって生成される水素を吸蔵・放出できればターゲット基板を保護することが可能である。田中貴金属工業株式会社は水素の吸蔵・放出に関する技術を有しており、その技術の応用によりリチウムターゲットをブリスタリング現象から防御することが可能となった。また、本技術の開発過程で新たな技術も見いだされ、特許出願に至っている。

### (3) 日本軽金属株式会社

陽子線とリチウムとの核反応により生成される中性子の最大エネルギーは750keVである。この中性子エネルギーをBNCTに最適な10keVまで減速するために最適なフッ化マグネシウムを高密度で焼結する技術はこれまでなく、この技術を初めて確立させることが出来た。この技術について新たな特許出願を行った。

### (4) 株式会社CICS

陽子線との核反応に用いられるリチウムは50 $\mu$ mの薄膜生成技術が求められる。リチウムの蒸着はこれまで報告が殆どなく、且つ下向きでの蒸着であり、あらたな蒸着法を開発したことで、リチウムターゲットを加速器型BNCTシステムに装着した状態で再蒸着による再生が行えるようになり、安定した中性子を提供することが可能となった。

## 4. 現状ステータスと上市予定

本委託事業終了時点では、各項目別の技術開発は終えている。また、薬事申請の準備も進められており、今年度末までには組立統合試験を終えている。

加速器BNCTシステムへの実装による最終試験は加速器の開発の遅れにより本事業年度内に間に合わないが、加速器は国立がん研究センターへの設置が開始されており、次年度上半期には実装試験が可能である。

国内上市は現状の予定である2018年末は変更なくそのまま計画として今後も進めていく。また、海外についても計画通り2019年5月の上市を目指す。