

■賛助会員のページ

加速器事業の進展…一企業の経験から

伊藤 裕 (株日立製作所)

1. はじめに

平成16年4月に日本加速器学会が発足し、8月に第1回加速器学会年会がリニアック技術研究会と共に、日大・船橋キャンパスにて開催された。講演、ポスター発表と併設し企業展示コーナーが設けられ、加速器関係企業22社が出展した。

日立製作所は、3枚のポスターと現在米国・テキサス州で建設を進めている陽子線がん治療設備の模型を展示し、加速器事業のアクティビティを示したところ、多くの方に興味を持って頂いた。その際、編集委員長の安東愛之輔先生より「海外で加速器施設一式を建設するのは、国内とはいろいろ事情が違うだろうから、」と学会誌に記事を載せる事を勧められた。

米国での陽子線がん治療設備は、現地での据付工事が始まったばかりで、加速器施設として仕上がるまでには、まだ時間を要するので、日立の加速器事業と米国での建設に至るまでの取組みに付いて、一エンジニアの視点で捉えたままとを紹介する。

2. 日立・加速器事業の概要

加速器を手掛ける多くのメーカーと同様、日立も国や大学などの研究機関のプロジェクトに参加することで、技術を学び成長してきた。古くは、発電機・変圧器の高電圧技術の応用から静電型加速器を手掛け、また、社内研究所の手作り電子ライナックを大型鋳物部品の非破壊検査に供用したりした。継続的に加速器を手掛けるようになったのは、昭和30年代半ばに日立工場の電機部門に小さな設計課（核装置設計グループ）が誕生してからである。このグループは、加速器・核融合・超伝導機器を担当し、幾多の変遷をへて現在に至っている。

高エネルギー物理学研究所（KEK）が1971年に設立され、その陽子加速器（PS）の建設に参加、爾來、KEK、放射線医学総合研究所、理化学研究所、日本原子力研究所などのプロジェクトに参加してきた（図1参照、第1回加速器学会年会の企業展示ポスターの一枚）。電磁石、真空機器、ビーム計測系、各種電源システム、制御系、クライオジェニックシステム等のユティリティを担当しており、現在は、大強度陽子

線加速器（J-PARC）の主要コンポーネントの工場製作に取り組んでいる。

一方、加速器システムとして本格的に取り組んだのは、1980年代半ばの半導体製造用小型SORブームの時である。社内研究所に小型の電子リングを設け研究・開発を進めると共に、NTT・Super ALISに参加し、日立は超伝導電子蓄積リングを担当した。当時は半導体製造装置として広く普及するとの期待が大きかったが、叶わなかった。社内の加速器の研究者・エンジニアは、自分の手でビームをハンドリングできる加速器システム構築の機会の来るのを熱望していた。

3. 粒子線がん治療装置の取組み

1994年放射線医学総合研究所・HIMAC（日立はシンクロトロン電磁石、電源、制御系を担当）の完成で、粒子線がん治療装置が注目を浴びた。当時は理研/原研のSPRING-8の建設が最盛期を迎えており、社内でも加速器事業に関心が高まり、関係工場及び研究所の関係者に、独自の加速器システム構築の気運が盛り上がった。その議論の過程で将来がん治療装置にも適用可能な小型イオンシンクロトロン開発のプロジェクトが組織されていった。

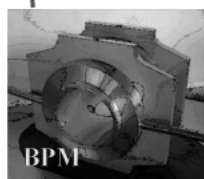
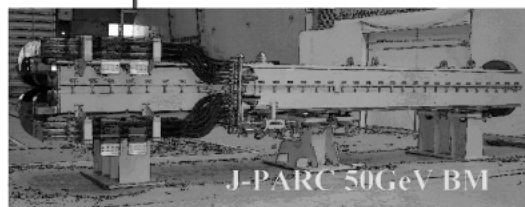
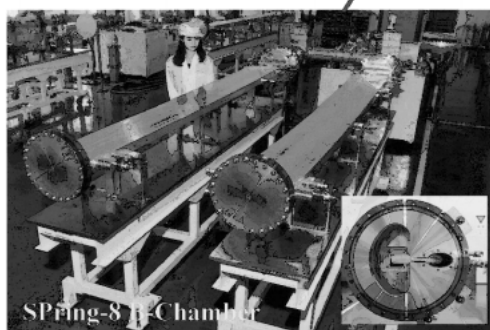
最初に具体化した案件は、福井県・若狭湾エネルギー研究センターの多目的イオン加速器システム・W-MASTである。タンデム加速器と小型シンクロトロンを組合せたシステムで、水素、ヘリウム、炭素を数～数100 MeVのエネルギー領域に加速する。ビーム利用は、分析、材料開発、バイオ・育種などのビームラインが整備され、研究に使われている。日立としては初めての本格的なビームコミッションングで、暫らくてこずったが、加速器システムは2000年に稼働した。その後2001年に医療研究コースが整備され、陽子線治療の研究が開始されている。

がん治療専用機としては、2001年に筑波大学・陽子線医学利用研究センターに、最大エネルギー250 MeVのシンクロトロンを、前者より更に小型化して完成させた。治療室は2部屋あり、回転ガントリー2機を設けている。照射野の形成は2重散乱体方式を採用している。

両施設は、医療用具承認の手続きを現在進めている。

大型加速器建設プロジェクトへの参画……～40年亘る貢献

プロジェクト (機関)	1971～	1981～	1991～	2001～	2011～
Proton Synch. (KEK)	■				
Photon Factory (KEK)		■			
TRISTAN (KEK)		■			
HIMAC (放医研)			■		
SPring-8 (原研/理研)			■		
KEK-B (KEK)			■		
RIBF (理研)				■	
J-PARC (原研/KEK)				■	
GLC (KEK)					■



各種電磁石 (常伝導/超伝導)
真空システム/真空機器
各種電源システム
各種モニター/計測系
制御系/テータ収集系
高周波空洞/高周波機器
イオン源/高電圧機器
精密据付、QA&QC、O&M

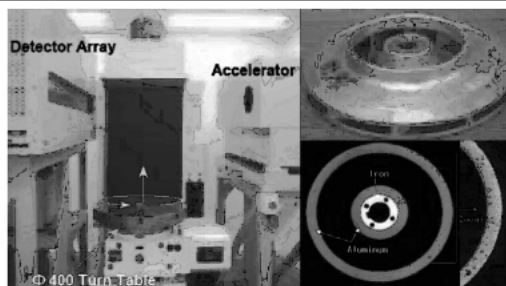
イオンシンクロトロンシステム……粒子線がん治療装置への展開へ

プロジェクト (機関)	1991～	2001～	2011～
W-MAST (福井県・WERC)		■	
PROBEAT (筑波大・PMRC)		■	
MDA-PBT (テキサス大学)			■
PBT (米国・某所)			■

大型加速器建設プロジェクト
参画で培った加速器技術を基
に、イオンビーム応用、X線応
用のトータルシステムを構築
し、医療分野、産業分野での展
開に取り組んでいます。



民生への展開……高I初キ X線CT装置



(1MeV機～12MeV機までシリーズ化)

Copyright © Hitachi, Ltd. 2004. All Rights Reserved.

図1 日立の取組 (第1回年会企業展示より)

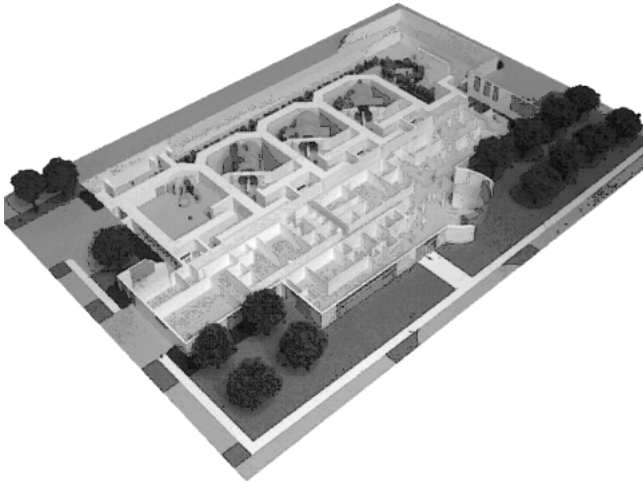


図2 テキサス大学・陽子線がん治療装置 鳥瞰図

4. 海外展開・米国での取組み

国内案件と共に海外の動向を注目してきた。具体的には PTCOG¹⁾にて若狭湾，筑波大での開発事例をアピールしてきた。

米国・テキサス大学・M. D. Anderson がんセンターの陽子線がん治療装置は 2002 年の暮正式に契約が交わされた。設備全体の鳥瞰図を図 2，主要諸元を表 1 に示す。回転ガントリーを設置した 3 室と固定照射 1 室の施設である。契約の骨子は，治療仕様と業務範囲仕様で構成されている。加速器に関しては筑波大と同等のシステムで進められている。大学側の興味は照射系および治療装置としての使い勝手に集中しており，治療仕様に基づく照射設備および制御系の具体的な仕様固めが精力的に続けられている。装置建設と共に FDA²⁾の認可申請を平行して進めている。現在，加速器，ガントリー，カウチ等の主要機器は現地搬入され，2005 年 3 月のビームコミッショニング開始に向けて据付工事が始まった。

5. ま と め

加速器事業としては，研究用加速器，加速器利用の

表 1 MDA 陽子線がん治療装置 主要諸元

加速器	ライナック	7 MeV	(RFQ+DTL)
	シンクロトロン	70~250 MeV	(周長 23 m)
治療室	治療室 1	回転ガントリー	二重散乱体方式
	治療室 2	同上	同上
	治療室 3	同上	ペンシルビームスキャン方式
	治療室 4	固定照射	二重散乱体方式
眼治療椅子		同上	
実験照射室	固定照射	同上	

工業用 X 線 CT 装置，および医療用分野（重粒子・陽子線がん治療装置，PET 用加速器）の三つの分野に取り組んでいる。いずれの領域も事業性の面では厳しい環境である。

国内の諸研究機関向けの加速器コンポーネント造りからスタートした加速器事業であるが，継続して事業を展開してゆくには，国内のみでなく世界に目を向けなくてはならない環境である。この数年で米国でのシステム一式の建設，欧州での加速空洞の輸出が決まり，海外展開が緒についたばかりである。

研究用加速器の分野でも，リニアコライダー計画が超伝導技術を選択し，国際共同設計が開始されようとしている³⁾。加速器メーカーとしても，異なる文化・多様な背景の国際環境下で活躍できる体質にしてゆくべき段階に来ている。

注

- 1) PTCOG: Particle Therapy Co-Operative Group (半年ごとに研究会が開催されている。)
- 2) FDA: U. S. Food and Drug Administration
- 3) プロジェクト名称は，ILC (International Linear Collider) と命名された。(図 1 は，年会の展示のまま GLC と表記されている。)