

世界を冠絶する理研RIビームファクトリー用クレーン

○理化学研究所 藤縄 雅
三菱ホイス ト 白石健一

1 はじめに

加速器は最新技術を用いて設計されており、日々進化する。そのため、建設が始まってからの変更する事もありうる。従って、クレーンの設計は加速器と建物の双方に対応を必要とする。加速器の構成部品は大変重いものである。世界を冠絶するRIビームファクトリー (RIBF) の超電導リングサイクロトロン (SRC) 図1は、8400トンを超える。また、超電導RIビーム生成分離装置 (BigRIPS)¹⁾ の遮蔽体は約2000トンである。そして、構成部品は各メーカーの工場からRIBFまで主に30トントレーラーで運搬され、一日当たり最大6台のトレーラーが使用された。RIBFの建設、機器搬入保守のために新規19台のクレーンが購入された。今回は①世界最大のSRC用世界最小の60 t クレーン、②壁への寄り付きをこのクラス最大としたBigRIPS、③橋型を採用しコストと納期を削減したRIBF棟中央搬入口クレーンと④ 機器の配置に合わせ非対称に動くRI・電子散乱装置 (SCRIT)²⁾ の4台のクレーンについて上記特性にいかに対応し設計製作したかを報告する。

巻末の表1に上記4台の技術仕様を表す。

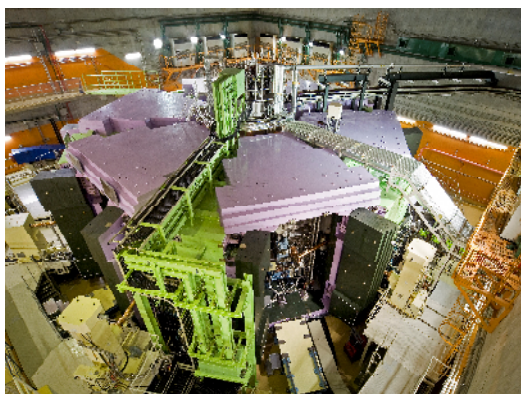


図1 世界最大最強のSRC、クレーン上より撮影

2 RIBF用クレーンの概要

使いやすく信頼性の高いクレーンを入手するためにRIBF用クレーンの仕様³⁾ を次に統一した。

- 2.1 インバーター制御方式を全面的に採用。これにより、起動時には自動加速、停止時には自動減速が行われ、クレーン運転者の技能依存性が低減され、吊り荷に対する起動停止のショックも低減され、さらには、速度制御が周波数で行える為50%の省エネとなった。心配される放射線と半導体の関係も、兵庫県立 粒子線治療センター・理研双方とも全く問題なく運用され、さらに群馬大学重粒子線他の施設にも採用されている。
- 2.2 ホイス トクレーンを採用。これにより、クラブ方式に比較し、60 t 級で20%以上の大幅な小型軽量化が可能となった。また、メンテナンス性の向上、部品共通化による保守部品、消耗品の供給も継続出来る。
電気ホイス トは巻き胴、電動機、ブレーキ、減速機と制御機器が一体になっていて、現地組み立て時の作業時間の短縮に効果がある。
- 2.3 高抵抗カゴ型誘導電動機を採用。必要な起動トルクを確保し、同時に、起動電流の削減による発熱の低下を可能とし、運転に慣れない物理学者が行うインチング (寸動) 運転に耐えられる特性を有した。これにより、長寿命化に成功し、放射線医学総合研究所 重粒子線がん治療装置 (HIMAC) で問題となった、サーマルリレー保護を不要とした。
- 2.4 原則としてペンダント方式と無線操作方式を併用。利便性の向上に努めた。
- 2.5 電源の無停電化。主要クレーンの電源は、熱電併給装置 (CGS) 母線⁴⁾ よりの給電とし、商用電源停電時でも運転可能とした。

3 各クレーンの特異点と開発要素

3.1 SRC用60/5 t 天井クレーン

建屋計画時においては、国内輸送制限によって搬入物は、30t未満が経済性や事務手続きに有利なため、吊り具を含め35tクレーンを計画していた。

The cranes for RIKEN RI beam factory which is the most powerful and largest in the world

Tadashi FUJINAWA and Kenichi SHIRAISHI

しかしながら、SRC本体室で部品を組み合わせから横持ちを行って、取付けることや、真空キャビティが40 tを超える事が判明したため、45tから80tまでの各種クレーンを検討した。

クレーンが大きくなると作業範囲が狭まり、導入コストが上昇するので、効率性とのバランスで結論として60 tクレーンが最適と判断された。このため吊り上げ荷重35tクレーンに準備された空間に60 tクレーンを入れる必要が生まれた。すでに建物の大きさとSRCの大きさは決定済で、通常の設計のクレーンでは、SRC本体とクレーンがぶつかる事となり、高さ方向の最小化が特に求められた。また、法律上、クレーン最上部と天井の間は、40cm以上の空間をあける必要があり、建築側の製作誤差を考慮するとさらに15cmを加える必要がある。そこで、55cmの空間を確保した上で、クレーン本体の設計製作を進めた。

小型化のため、クラブ方式クレーンより全体の寸法が小さいホイスト式クレーンを選定したが40 cm程度、不足するために、改良をくわえた。先ず、走行車輪を小さく、車輪数を増やして高さを100mm下げた。さらに、図2に示す如く車輪とホイスト本体を分離し、最適位置に置き、巻上げ中間軸のシャフトを1軸（1ドラム）とすることで540mmの削減に成功し、図3の如くSRC本体とクレーンは極めて良好な位値に収まった。

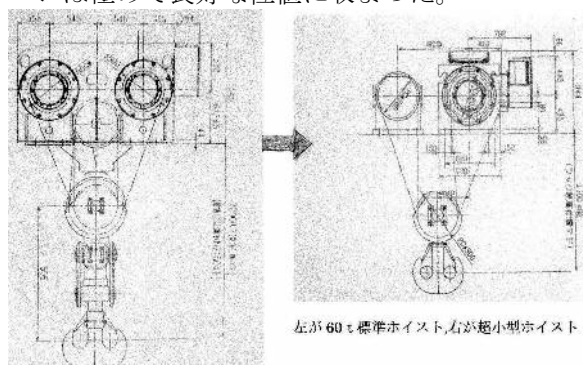


図2 60 tホイストの小型化

こうして世界最大最強のSRC用の世界最小60 tクレーンが誕生した。当時60 tは、最大級ホイストであったが、現在はさらに進歩を遂げ200 t級

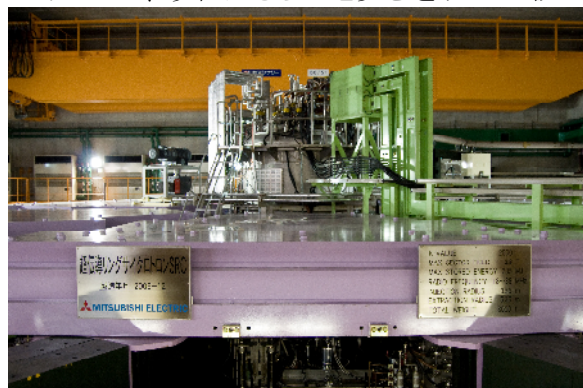


図3 SRC本体上部と天井クレーン

ホイストクレーンが生産されている。図4には、ホイストの大型化をグラフにて表示した。

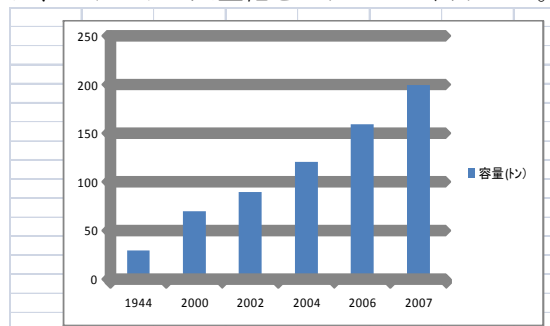


図4ホイストの大容量化

3.2 BigRIPS用40/5tクレーン

当初は、35 tクレーンを計画していたが、双極電磁石が70 t弱あり、二つに分解して運んでも35 tでは容量不足の為、40 tが新たに採用された。また超電導4極3連電磁石のメンテナンス時には、40 tでは大きすぎる為5 tの補巻きを併設した。

このクレーンの最大の特長は、壁への寄り付き能力を増加する目的で、クレーンガーダーが図5の様に壁に食い込んで斜めに横切る(角度 θ) ので、遮蔽厚さも十分である($x \geq a$)。放射線は、飛距離の2乗に比例して減衰するから、部屋上部に到達する場合は、飛距離も大きい事より有利となる。さらに、本方式により、コンクリート量や型枠も削減され、コスト的にも有利となった。本方式は、他の加速器施設でも応用が可能である。

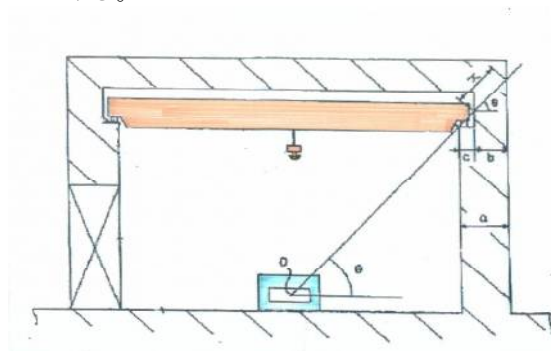


図5 クレーンと放射線遮蔽壁

このクレーンは、SRCの部材を一旦BigRIPS本体室に4ヶ月掛けて仮置きし、その後約4年で、SRCを組立後、多数の超電導3連4極電磁石(STQ)約15tと双電磁石(70t)から構成されるBigRIPS本体の建設を行った。

さらに、1本30t(6mx2mx1m)のコンクリート製遮蔽材70本を、最も放射線強度の強い範囲に搬入し、積上げ、固定を行った。また、2009年と2011年にはBigRIPSのメンテナンス性向上の為、コンクリート製遮蔽体を一

且取り外し、装置改造をする時、再び遮蔽体を積上げる作業やBigRIPS下流の零度スペクトルメーターの搬入にも多用され、現在は主に小型冷凍機の保守作業時に使用されている。

3.3 中央搬入口用橋型クレーン

RIBF棟（加速器棟）の計画時に、地下の各本体室に装置を搬入する為のクレーンについて、議論した。搬入口に屋根がないと、雨の多い日本では極めて不便である。又、一般的な40 t天井クレーンを用意すると、搬入口建屋の柱他躯体に40 tの強度が必要となり、建築費がかさむ上、クレーン本体もビーム長が長くなり、価格が距離の2乗に比例する。そこで検討の結果、搬入開口を必要の最小限とし、その開口幅をカバーする自立自走式の橋型クレーンを採用した。

図5に橋型クレーンを示す。



図5 自立自走式中央搬入口 橋型クレーン

クレーン本体は、工場生産品となり、建屋も軽量スレート屋根の廉価なものとなって、経済性が高くなった。搬入口は空調が無い為、地下への開口部には開閉式のビニールシートを設け、その結果保温と結露防止に効果が上がった。本クレーンは、RIBFの全ての重量物の受入れを担当した。

3.4 SCRIT用滑り出しホイスト式クレーン

SCRIT用クレーン⁵⁾は、建設費用と維持費を考慮し、経済性の高い2.8 tクレーンを採用した。

SCRITは住友重機よりAURORAという加速器を譲り受けて改造を行い、放射光取り出しの可能なRI・電子散乱実験装置として2008年と9年の2年間で建設された。これは、RIBFとして最新鋭の加速器である。

SCRIT本体は図6に示すように、建屋に対して

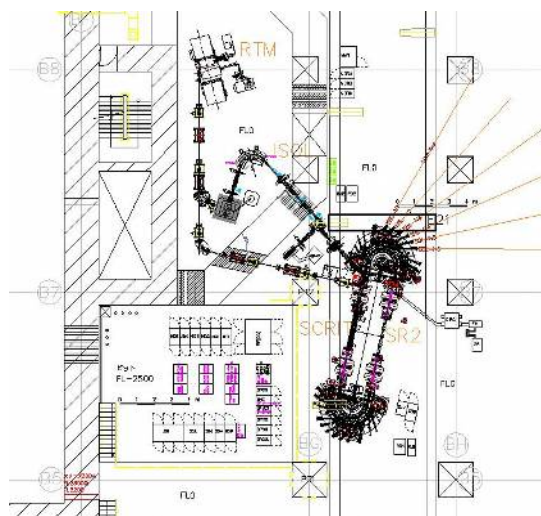


図6 SCRIT配置図

（加速器本体がクレーンより柱の内側にある）
可能となった。

斜めに配置されており、クレーンから見て一部は柱の陰となる。この配置に対応する為、ホイスト自体をSCRIT専用機として製作し、作業域が非対象の、滑り出しホイスト式クレーン図7を導入した。

ホイストの非対称動作への改造には、改造による動作範囲の減少を最小限に努め、動輪や支持車輪の位置に留意した。

この特殊ホイスト（走行レールより滑り出す）の製作により、走行レールよりはみ出た加速器部品を、吊上げる事が可能となった。

AURORA加速器は広島大学にも導入されているが、天井クレーンの走行速度の快適性において、理研のクレーンは優れたものがあると両方の操作の経験者は異口同音に評価している。

本クレーンは無線操作専用とした。これは5 t未満であれば、無線操縦も床上操作技能講習終了者や特別教育修了者が操作可能であり、ペンダント（有線）方式を採用する理由がないからである。

操作範囲の指定には、多数のリミットスイッチによる作業範囲の確定制御を行い、難しい運転を自動的に制御する。このため、特殊な操作技能は必要がない。AURORA本体は30 t級の部品が多数あり、本クレーンでは容量が1/10も満たないが、重量物組立用治具を本クレーンで組立てる事により、機動的に対応した。

また、クレーンの契約を優先とし、冷却ポンプや電動機等重量物の搬送、揚重にも

威力を発揮した。現在は、加速器改造や運転に伴う保守作業に活躍している。



図7 SCRIT2.8t滑り出しホイスト式天井クレーン
(図の如くフックが走行レールより滑り出し、荷物の揚重が可能である)

4. まとめ

RIBFの全体図を図8に示す。図中左側が既設であり、中心から右側に本文のクレーンが装備されている。

加速器用クレーンは、生産設備揚クレーンと異なり、装置と建物の影響を受け、その中において必要機能を満足する事が要求される。一方、生産用クレーンは、同一荷重同一寸法の荷物を四六時中運搬し、運転員の技能もある程度の水準が守られる。加速器施設は、運転開始後は多種多様なペーパードライバの運転の下で、いろいろな寸法の品物を比較的頻度が少なく使用される事となる。ここでインバーターの運転支援や、高抵抗カゴ型誘導電動機が威力を発揮する。

今回は、紙面の関係で触れなかったが、HIMACでは、加速リングと天井高さの関係で、容量半分のクレーンを2台として、揚重高さを稼いでいる。

Spectroscopy of hadronic system with radioactive quantum beam (SHARAQ)では、本来

予定された設置場所と異なる場所に設置された為、クレーンの走行方向が90度異なり、天井に新に後打アンカーを施工し、クレーンを据え付けた。

理研RIBFのクレーンは決して高額では無いが、大変良好な性能を誇り、現在も装置の改造と保守に活躍中である。今後、加速器施設にクレーンを設置し、または既設を改造する際に、本文が少しでも参考になれば幸いである。

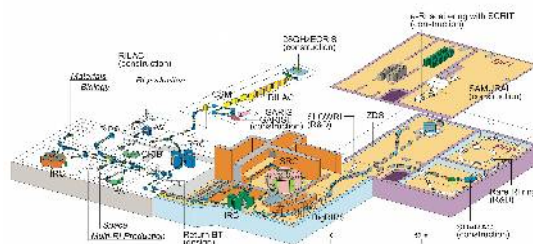


図8 RIBF鳥瞰図 8台の加速器より構成される。

【参考文献】

- 1) T. Ohnishi, et al.. Identification of 45 New Neutron-Rich Isotopes Produced by In-Flight Fission of a 238U Beam at 345 MeV/nucleon JPSJ, 79, 073201 (2010)
- 2) 若杉他、SCRIT:RI・電子散乱実験装置の建設『加速器』Vol. 7, 4, 2010 (271-277)
- 3) T. Fujinawa, K. Kawamoto, et al
Cranes for RIBF
RIKEN Accel, Prog. Rep. 37 (2004) 289-290
- 4) 藤縄他、大型加速器施設用無停電電源としての熱電併給装置の実験と考察『加速器』Vol. 8, No. 1, 2011 (1-8)
- 5) T. Fujinawa and K. Shiraishi.
Utilities in the RIBF experimental building RIKEN Accelerator Progress Reports 43, 142 (2009) 142-143

表1 クレーン技術仕様一覧

Crane NO. 名称	A SRC本体室	C BigRIPS本体室	D 中央搬入口用クレーン	2F1 SCRIT本体室
型式	オーバーヘッド	オーバーヘッド	橋型クレーン	滑り出しホイスト
吊り荷重 (ton)	60/5t	40/5t	40t	2.8t
スパン (m)	15	15	5	5.3
揚程 (m)	12.35 13.55	12	8	4.1
操作	無線機/ペンダント	無線機/ペンダント	無線機/ペンダント	無線機
速度				
主巻上 (m/min)	0.25/2.5	0.3/2.5	0.3/2.5	1.1/10.0
補巻上 (m/min)	0.9/8.0	0.9/8.0	-	-
横行 (m/min)	18.0	20.0	10.0	2.5/20.0
走行 (m/min)	20.0	20.0	10.0	2.4/24.0
走行レール	37kgレール	37kgレール	37kgレール	I-250x125x10/19
電源	AC 210V50Hz 3ph	AC 210V50Hz 3ph	AC 210V50Hz 3ph	AC 210V50Hz 3ph