

OPERATION REPORT ON RIKEN RING CYCLOTRON & AVF CYCLOTRON

Yasuteru Kotaka²⁾, Shigeru Ishikawa²⁾, Kiyoshi Kobayashi²⁾, Ryo Koyama²⁾, Noritoshi Tsukiori²⁾, Takeshi Nakamura²⁾, Minoru Nishida²⁾, Makoto Hamanaka²⁾, Seiji Fukuzawa²⁾, Kunikazu Masuda²⁾, Kazuo Miyake²⁾, Kazuyoshi Yadomi²⁾, Makoto Nagase¹⁾, Masashi Kageyama¹⁾, Yukimitsu Oshiro³⁾, Masayuki Kase¹⁾
¹⁾RIKEN Nishina Center, ²⁾SHI accelerator Service, ³⁾CNS³⁾

Abstract

RIKEN Ring Cyclotron (RRC) was started in 1986 and has supplied many kinds of ion beams to experiments of nuclear physics and also many field of research for 20 years. In summer of 2006, the construction of RIBF was completed. Then, RRC also got the role as injector for new cyclotron of RIBF. AVF Cyclotron (AVF) was started in 1989. It has been injector for RRC or supplied ion beam as independent one. We report the performance of RRC and AVF from January 2006 to July 2007.

理研リングサイクロトロン・AVFサイクロトロン運転の現状報告

1. はじめに

理研リングサイクロトロン (RRC) は、1986年に稼働し始め、この20年間に渡りAVFサイクロトロン (AVF) とリニアック (RILAC) を入射器として核物理実験を始め多くの分野の実験に多種のイオンビームを供給してきた。2006年春にRIビームファクトリー (RIBF) のBT系建設工事のため、RRCは運転停止した。この年の夏よりRIBFの完成に伴い、新施設のコミッショニングがはじまり、後段の新しいサイクロトロン (SRC, IRC, fRC) の入射器として運転も始めた。現在、RRCは、現施設の実験へのビーム供給と、RIBFへの入射器と両面で運転をしている。

AVFは、1989年に稼働を開始し、RRCの入射器として、主に軽イオンの高エネルギー (~100MeV/u) のビームを提供してきた。その一方、単独の加速器としても使われ、核物理実験 (CRIB実験装置) と、RI製造実験に使われてきた。RIBF完成後は、AVF単独運転の機会が増え、より広い範囲のビームの有効性を高めるため、東大CNSと共同でアップグレードプログラムが進行中である。イオン源は2台 (10GHzECRとHyperECR) を装備し効率的な運転が可能になった。

ここでは2006年1月から2007年7月までのRRC、AVFの運転状況、故障状況及びその間に供給したイオンビームの概要を報告する。

2. 運転状況

図1に2006年1月から2007年7月までの運転時間をAVF単独 (赤)、AVF-RRC (青)、RILAC-RRC (橙)、RIBF (緑) に分けて示した。RILACとRRCはRIBFにも使用されるが、仁科記念棟の理研加速器研究施設 (RARF) に使用する場合をRILAC-RRCとした。例年は2006年の1, 2月のようにAVF-RRCの運転時間が比較的多かった。しかし、2006年3月からのRIBFに向けたBT系建設工事によりRRCの運転が停止した。一方AVF単独はこの間も行われた。6月末に工事が終了す

るとRIBFが本格的に開始された。このためAVF単独の運転時間が多くなり、AVF-RRCはRIBFとの時間配分を調整して行われるようになった。RILAC-RRCは2006年11月以降行われていない。表1に運転時間の詳細を示す。

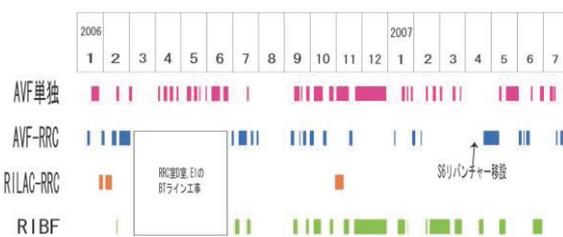


図1 運転時間帯分布

	調整時間	供給時間	合計(運転時間)
AVF単独	1699.5	3097.4	4796.9
AVF-RRC	1068.3	1303.2	2371.5
RILAC-RRC	187.1	568.9	756.0

表1 2006年1月から2007年7月の運転時間

2.1 調整時間

表1の調整時間とは粒子の切替から実験者にビームを供給するまでの時間である。供給時間とは実験者にビームを供給した時間である。それらの合計を運転時間とする。与えられる調整時間は主に24時間であるが、スケジュール調整のため短縮されることもある。実際の平均調整時間は26時間であった。ここには故障時間 (3章:故障状況で述べる) も含まれているので、合理的な時間と考えられる。

AVFには10GHzECRとHyperECRの2台ある。AVF単独における使用の割合は前者が46.7%、後者が53.3%、AVF-RRCにおいてはそれぞれ71.9%、28.1%である。

イオン源はビームの種類によって使い分ける事もあるが、一方でビーム開発が行われると、他方を使用し続けることもある。

2.2 実験者へのビーム供給

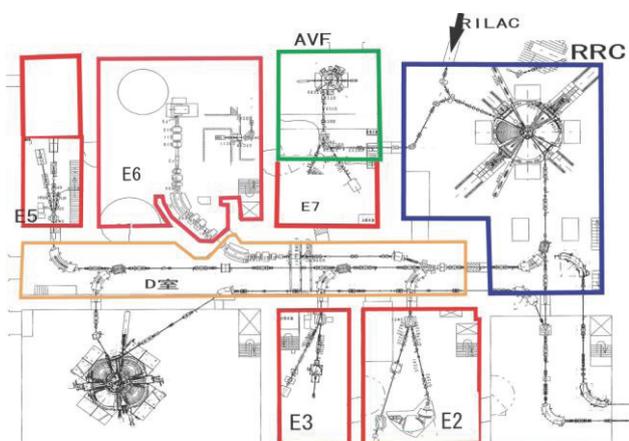


図2: 理研加速器研究施設 (RARF) 配置図

図2は理研加速器研究施設 (RARF) のAVF (緑枠)、RRC (青枠)、実験室 (赤枠)、BTの配置図である。AVF単独の場合はAVF室内にあるターゲット (C03と呼ぶ) とE7実験室へ、またAVF-RRCとRILAC-RRCの場合はE2, E3, E5, E6実験室へビームを供給する。現在、旧E1実験室はIRCへのBT用となり、旧E4実験室にはfRCが設置されている。表2に各実験室への供給時間の内訳を示す。AVF-RRCはE6への照射が主であり、AVF単独はE7が主であった。

実験室	供給時間	加速器
E2	25.1	RILAC-RRC
E3	189.1	AVF-RRC
E5	176.2	AVF-RRC
E6	938.0	AVF-RRC
	543.8	RILAC-RRC
E7	2351.1	AVF 単独
C03	746.3	AVF 単独

表2: 各実験室への供給時間

2.3 供給したビームの核種と電流値

図3にAVF-RRC及びRILAC-RRCによって実績のあるビームの原子核の質量数とエネルギーの関係図を示す。黄色で示された領域がAVF-RRC、緑の領域がRILAC-RRCでビームを供給可能な範囲である。今回の対象期間に供給したビームを赤い丸で表し、それぞれに核種、エネルギー、ビーム電流値 (pnA) を示した。ビーム電流値は対象期間で最も大きい値を示した。だいたい平均的なビーム電流値を達成している。ところでAVFのマグネティックチャンネルの交換 (3章: 故障状況で述べる) 以降、AVFのビーム通過効率が落ちている傾向がある。図3では12C-135MeV/uや4He-135MeV/uのビーム電流値が過去5年

間で見ると比較的少なく、その影響があると考えられる。さらに4He-135MeV/uは2007年4月のS6リバンチャーの移設 (図1参照) の影響も被った。それによりビームオプティクスに変更が生じたためAVFからRRCへのビームトランスポートにおいての損失が生じた。調整を繰り返し1ヶ月程度でその影響はほぼ無くなった。この間、実験に必要なビーム電流値には達していたため、滞ることなくビームを提供することができた。

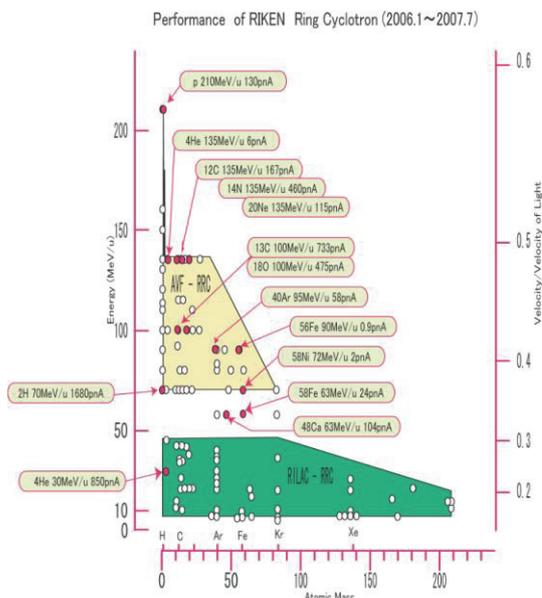
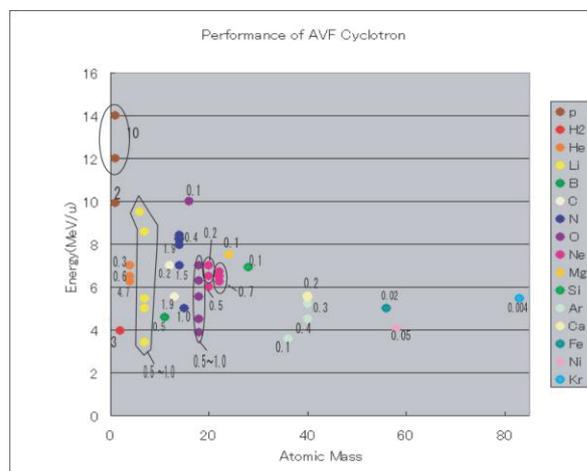


図3: AVF-RRC、RILAC-RRCの実績

一方、AVFに関しても同様に、原子核の質量数とエネルギーの関係を図4に示す。核種ごとに色分けをしてプロットした。プロット付近にある数値が平均的なビーム電流値 (pμA) である。先に述べたマグネティックチャンネルの影響があり、その改善が今後の課題となる。



数値はAVFから取り出されたビームカレント (pμA)

図4: AVF単独及びRRC入射器としてのAVFの実績

3. 故障・修理状況

供ができた。

対象期間における故障による運転停止時間とその運転時間に対する割合をAVF単独、AVF-RRC、RILAC-RRCに分類して表3に示す。ここで故障とは運転時間を停止させた要因となったものと定義する。

故障	故障による運転停止時間	運転時間に対する割合 (%)
AVF 単独	361.5	7.54
AVF-RRC	121.8	5.0
RILAC-RRC	3.5	0.5

表3：故障による運転停止時間

主な故障内容と運転停止時間を列挙する。

AVF単独

故障内容	時間
マグネティックチャンネルの真空漏れ	171
デフレクタ駆動部より水漏れ	24.3
HyperECRよりLiビームがなくなる	21.3
HyperECRよりLiビームがなくなる	21.5
主コイル電源より水漏れ	19.5
デフレクタが放電し、電極間電流生じる	19.3

その他、冷却0.5、電磁石・電源10.6、制御13.3、診断器0.3、真空10.5、駆動20.5、イオン源22.1、高周波6.5時間

AVF-RRC

故障内容	時間
RRCの高周波 真空管の絶縁不良	34.5
BTの真空悪化	24.9

その他、冷却1.5、電磁石・電源11.7、制御12.5、診断器0、真空6.3、駆動3.3、イオン源2、高周波22.3時間

RILAC-RRC

故障内容	時間
電磁石電源ファン故障によりトリップ	3
RRCトリムコイル極性変更できない	0.5

その他はなし。

これらの中でマグネティックチャンネルの真空漏れが大きく、AVFの故障が目立つ。

4. まとめ

2006年1月から2007年7月の期間にRARFにおいて7924.4時間の運転を行った。それに対する故障による停止時間は6.5%であった。AVFのマグネティックチャンネルの故障、リバンチャーの移設とビーム電流値に影響のある事象はあったが、実験に必要なビーム電流値には達しており、比較的順調にビームの提