

STATUS OF THE RIKEN HEAVY-ION LINAC

Y.Chiba, Y.Miyazawa, M.Hemmi, T.Inoue, T.Chiba, M.Yanokura, M. Kase, E.Ikezawa, T.Aihara*, T.Ohki*, and H.Hasebe*

The Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN)

* Sumijyu Kasokki Service Ltd.

ABSTRACT

The variable frequency heavy-ion linac, RILAC, enters upon 9th year of operation. Now, total beam time in a year is about 4000 hours, a half of which is devoted to experiments in energy region of the linac and the rest is applied for beam injection to the post accelerator, the K=540 Ring Cyclotron. Statistics of machine operation and beam application in 1988 are given. Important troubles experienced and main improvements carried out through these years are summarized. An ECR ion source is intended for replacing the present PIG source in the next year.

I. 運転、利用の状況

理化学研究所重イオンリニアック (RILAC)¹⁾ は運転開始以来約9年を経過し、多くの研究にビームを供給してきた。1987年には理化学研究所リングサイクロトロン (K=540)²⁾ が完成し、その入射器としてのビーム供給も開始された。現在年間約4000時間運転され(1図)、リニアックビーム自体による実験とリングサイクロトロンへのビーム入射を等配分を原則として運営されている。RILACはイオンの m/q (質量数/電荷数) および加速エネルギーの広い範囲にわたって加速を行うため、可変周波数方式をとったことが特色である。2図は周波数、 m/q 、加速電圧の関係を示し、点線の枠内がこれまで達成された範囲である。PIG イオン源より得られた各種イオンの加速後の最高エネルギーとエネルギー分析後 ($\Delta E \sim 0.6\%$) の代表的電流値を1表に示す。リングサイクロトロンへはチャージストリッパー ($\sim 20 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 炭素膜) を通して入射される。これまでにリングサイクロトロンで加速したイオンについては電荷数、ハーモニック数、および到達エネルギーを2表に示す。1989年前半に入射用 AVF サイクロトロン (K=70) が完成し、今後は $m/q \leq 4$ のイオンについては AVF サイクロトロンが入射器として使用され、RILACは $m/q > 4$ のイオンの入射に使用される。3と4表は1988年における運転、利用状況の統計である。研究分野別では原子物理が約18%を占め、イオン別ではArイオンの利用が圧倒的に多い。

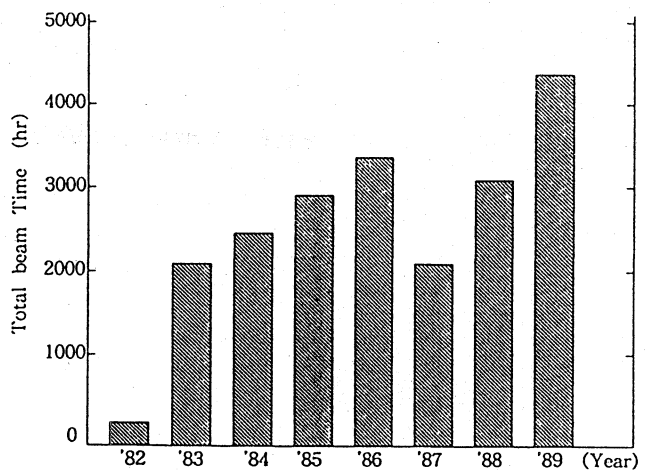


Fig. 1. Total beam time accounted from July to next June.

II. 保守、改良の状況

運転開始以来これまでに発生した主な故障およびなされた主な改良について以下に要約する。

- 1) ドリフトチューブを支える台（長さ3m, 幅0.5m）と同軸共振器内軸の接続部の全周に、高周波接触のために挟んだ銀の薄板（厚さ0.2mm, 巾 \sim 15mm）が運転中に部分的に突出して放電を起こす事故が数年にわたり6台ある加速タンク各々で発生した。簡単には分解出来ない箇所のため、現状のまま銀板を抜き取り、その間隙に市販のベリリウム銅製コンタクトフィンガーを挿入して運転している。
- 2) 各加速タンク側壁にあるのぞき窓のフランジの溶接部分付近で $\sim 0.5\text{Torr}\cdot\ell/\text{sec}$ 程度の真空もれがこれまで10数回発生した。そのつど真空用接着剤をもれ箇所に塗布して実用的には解決した。
- 3) 高周波終段増幅器（4極管RCA-4648、陰極接地、B級動作最大出力 $\sim 300\text{kW}$ ）のグリッド同調回路の損失分が最初の設計では不足であったため高い周波数で動作不安定をひきおこした。対策として、グリッド回路を改良して損失分をG-K間コンダクタンスに換算して $\sim 0.1\text{S}$ に増すとともにそれを励振する前段増幅器（3極管格子接地）の出力を5kWに増力した。
- 4) 入射器高圧ステーション（直流500kV）への制御信号は光ファイバーを通しておられるが、長期の使用によりファイバーケーブル表面が汚れ、閃絡事故が発生した。そこで直接空間を伝送する光伝送系を試作し現在一部をそれに置き換え試験している。
- 5) 入射器用直流高圧電源（500kV 10mA）が老朽化し、本体を収容するベークライト製円筒容器の表面に沿った閃絡事故が発生し、又製作した会社が無くなり修理が困難になったため、新しい電源に更新した。
- 6) イオン源出口と入射器加速管出口に静電4重極レンズ（内径80 ϕ 、最大1.5kV/cm）を設置し、それ以前の約2 \sim 3倍のビーム強度を得た。
- 7) 第1加速タンク上流に静電偏向チョッパー（パルス巾20 $\mu\text{s}\sim\text{DC}$ ）を設置した。
- 8) ビーム減衰器（多孔板方式、 $1/4\sim 1/10^6$ ）を入射器出口に設置した。半導体検出器にビームを直接当てる実験等に多く利用されている。
- 9) 旧式化した最初の計算機制御系を更新し、リングサイクロトンの計算機制御系とネットワークを構成する制御系を導入した。

III. 今後の改良予定

- 1) グルノーブル研究所で開発された永久磁石使用のECRイオン源を購入し、1990年夏にPIGイオン源と置き換える予定である。同イオン源は消費電力（約20kW）が少なく、入射器の500kV高圧ステーションへの給電容量（50kW）を変えることなく搭載可能である。
- 2) RILACでは運転周波数の上昇とともに必要励振電力が増大する。2図に見られる35MHz以上の周波数での最大加速電圧の低下は、前段増幅器を励振する広帯域トランジスタ増幅器（出力 $\sim 300\text{W}$ ）の容量不足が原因である。これを改善するため広帯域増幅器を強化する予定である。

参考文献

- 1) M.Odera, et al.: Nucl. Instrum. Methods, 227, 187 (1984)
- 2) H.Kamitubo: Proc.11th Int. Conf. Cyclotron and their appl., Tokyo, (1986) 17.

Table 1. Ions accelerated with RILAC.

element	q	f (MHz)	E (MeV)	i (μ A)
C	4+	44	46.5	0.4
N	4+	40	44.8	0.15
¹⁵ N	3+	35	36.7	0.2
O	3+	33	35	5.0
¹⁸ O	4+	35	44.1	0.25
Ne	4+	35	49	0.3
Ar	6+	33	87	0.4
Kr	8+	27	122	0.3
Xe	9+	22.3	131	0.5
<hr/>				
Mg	3+	31	46	0.5
Al	3+	28	42	3.5
Si	3+	28	43	0.6
Ca	4+	28	62	1.1
Ti	4+	25	60	0.55
Cr	4+	25	65	1.35
Cu	4+	22.3	63	0.6
Zn	5+	25	80	0.27
Ag	6+	20	85	0.65
Sn	7+	20	96	0.15

q : charge state

E : total energy

i : typical electric current after energy analysis

Table 2. Ions accelerated with the Ring cyclotron.

element	q	f (MHz)	h	(MeV/n)
¹² C	5+ (3+)	35	9	42
¹³ C	6+ (3+)	35	9	42
¹⁴ N	6+ (3+)	35	9	42
¹⁵ N	6+ (3+)	35	9	42
¹⁶ O	6+ (4+)	35	9	42
¹⁸ O	7+ (4+)	35	9	42
²⁰ Ne	9+ (3+)	33	9	37
²² Ne	8+ (3+)	28	10	21
⁴⁰ Ar	13+ (4+)	28	9	26
⁴⁰ Ca	14+ (4+)	28	9	26
⁶⁴ Zn	20+ (5+)	25	9	20.8
⁶⁵ Cu	18+ (5+)	35	10	17
⁸⁴ Kr	18+ (5+)	20	10	10.6
¹³² Xe	24+ (7+)	20	11	8.52

q : charge state for the cyclotron and () for RILAC.

h : harmonic number.

E : final energy per nucleon.

Fig. 2. Relations among energy per nucleon, frequency, and effective acceleration voltage.

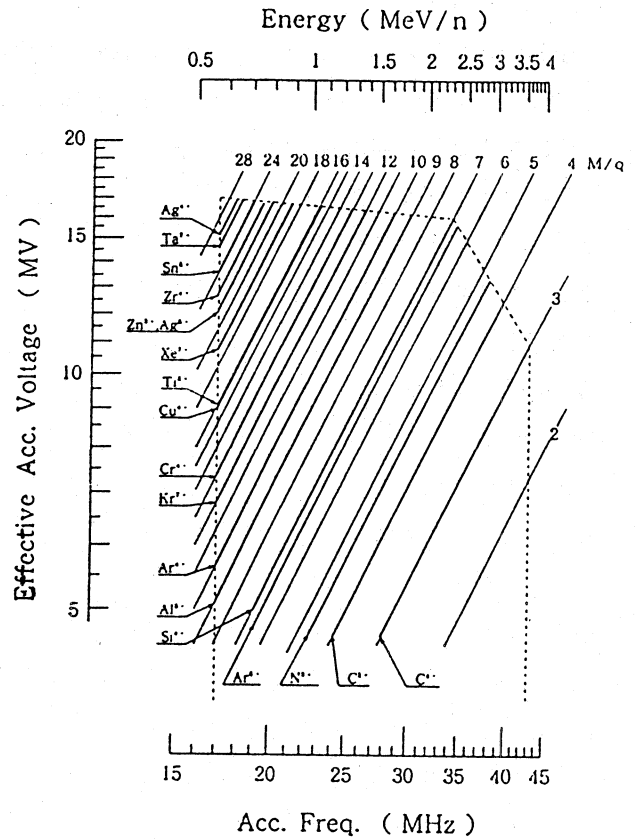


Table 3. Statistics of operation for the period of Jan. 1- Dec. 31, 1988.

	Days	%
Beam time	176	48.1
Frequency change	15	4.1
Overhaul and improvement	44	12.0
Periodic inspection and repair	28	7.6
Machine trouble	1	0.3
Scheduled shut down	102	27.9
Total	366	100

Table 4. Percentage of beam time for research activities.

	Days	%
Atomic physics	31	17.6
Solid-state physics	17	9.7
Nuclear physics	0	0
Radiochemistry and nuclear chemistry	15	8.5
Radiation chemistry and radiation biology	12	6.8
Accelerator research	21	11.9
Beam transportation to RRC	80	45.5
Total	176	100