

## J-PARC リニアック加速空洞用冷却水設備の現状 2018

### PRESENT STATUS OF WATER COOLING SYSTEM AT J-PARC LINAC 2018

菅沼和明<sup>#</sup>, 廣木文雄, 伊藤崇, 山崎良雄

Kazuaki Suganuma <sup>#</sup>, Fumio Hiroki, Takashi Ito, Yoshio Yamazaki

Japan Atomic Energy Agency

#### Abstract

It is the report to improve the problem of flow reduction in water cooling system resolved completely in summer, 2017. It is continued the phenomenon decreasing the flow (5,800 L/min) of circulating water cooling in DTL and SDTL about 3% per week. By the flow reduction, the entire operation of J-PARC and operation of the accelerator are stopped and low flow contact of flowmeter installed in cavities. The phenomenon is progressed about 9 years since we confirm it and drastic measures for it are aspired. In this report, the point of interest to solve this problem is written. Similarly, it is suggested that the point we should be careful when we use the water cooling system it is one of the utility of J-PARC accelerator. In last summer, the flow reduction does not occur completely as specification changes and replacement of the pumps. Thanks of that, the entire operation and operation of accelerator of J-PARC is operated safety.

#### 1. はじめに

本件は、昨年(2017年)夏に完全解決した冷却水設備における流量低下問題の改善報告である。J-PARC リニアック[1]の前段空洞であるDTL及びSDTL用の循環冷却水の流量(5,800 L/min)が、1週間かけて3%程度低下する現象が長年続いていた。この冷却水の流量低下によって、空洞に取り付けた流量計の低流量接点を動作させ、加速器の運転のみならずJ-PARC全体の運転を停止させていた。この流量低下の現象は発現から約9年が経過しており、抜本的な対策が望まれていた。本発表では、流量低下の解決の糸口となった着目点を整理し述べる。同様にJ-PARC加速器を底辺から支えるべきユーティリティのひとつである冷却水設備の運転管理の改善すべき項目を提案する。昨年夏にポンプの仕様変更を決断し、ポンプの入れ替えをおこない冷却水流量の低下は皆無となった。J-PARC加速器のみならず、J-PARC全体の安定運転に絶大な貢献を果たした。

#### 2. リニアック冷却水設備

##### 2.1 リニアック冷却水設備

Table 1 にリニアック冷却水設備の一覧を示す。リニアックの冷却水設備は、10系統からなり、冷却塔、熱交換器、冷凍機、冷却水タンク、温度調節装置及び冷却水母管などから構成され、リニアック棟内に設置されている。加速管、クライストロン及び電源設備などの冷却を行う設備である。RFQに使用する冷却水は $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 、加速管では $\pm 0.2^\circ\text{C}$ の温度に保たれた冷却水の制御をおこなっている。

##### 2.2 RI4冷却水設備

Figure 1 に設備名称 RI4 の冷却設備の系統を示す。

2016年夏に循環ポンプの増設を行い、循環ポンプ2台での運転となっている。RI4の循環ポンプには、既存のポンプである日機装株式会社製のキャンドポンプ、定格流量7,700リットル/分、揚程70m、型式HN48D-N3及び、新規に追加した株式会社西島製作所製のメカニカルシールポンプ、定格流量4,200リットル/分、揚程75m、口径型式CAR125-400を採用している。RI4は加速管RFQ、DTL及びSDTLの除熱をおこなっている。J-PARCのリニアックは南北に伸びており、北行きの流量4,400リットル/分、南行きの流量1,400リットル/分である。その他、浄化装置に400リットル/分の流量で運転をおこなっている。2017年夏にキャンドポンプを株式会社西島製作所製のメカニカルシールポンプに換装している。このポンプの換装によって設備名称RI4の冷却水流量低下の問題は皆無となった。

Table 1: List of Water Cooling System at LINAC

設備名称	負荷	温度(°C)	流量(l/min)
RI1	RFQ	22±0.1	300
RI2	Ion Source	27±2.0	100
RI3	DTL,SDTL	27±0.2	3,800
RI4	DTL,SDTL	27±0.2	5,800
RI5	ACS,L3BT	27±0.2	8,300
RI6	ACS,L3BT	27±2.0	800
非 RI1	Ion Source, Klystron	27±1.0	2,200
非 RI3	Klystron, DTQ	27±7.0	6,000
非 RI6	Klystron, ACS	27±1.0	1,700
非 RI8	Klystron, ACS	27±7.0	7,600

<sup>#</sup> suganuma.kazuaki@jaea.go.jp

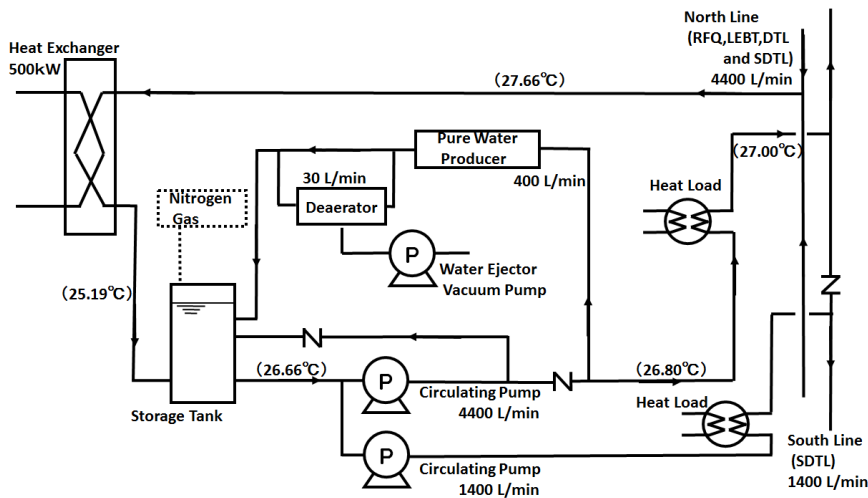


Figure 1: Diagram of RI4 water cooling system.

### 3. 故障発生 の記録

設備名称 RI4 で発生した故障は、2014 年から 2016 年に多く発生していた。Table 2 に故障発生の一覧を記す。放射線管理エリア内の空洞及び付随する流量計の調整のためにエリアに入域する必要があるため空気の入替えの時間が必要であり停止時間が長くなっている。

Table 2: Warning List of Water Cooling System at LINAC

故障発生 年月日	装置名	停止時間 (H:M:S)
2014/1/18	DTL03	3:39:37
2014/2/2	DTL03	3:20:36
2014/2/3	SDTL06	2:43:42
2014/3/11	L3BT:QMF	3:46:53
2014/4/3	MEBT1	4:06:46
2014/5/5	HVDC	4:35:37
2014/5/7	HVDC	2:01:09
2014/5/18	HVDC	0:43:54
2014/5/18	HVDC	1:19:39
2015/6/12	IS,RFQ-SDTL	18:30:09
2015/12/1	DTL03	3:13:55
2016/2/23	CHOPPER	3:58:34
2016/3/8	SDTL06	3:07:35
2016/3/12	CHOPPER	5:04:19
2016/4/20	ACS01-21	1:45:37
2016/5/17	SDTL01	5:37:23

### 4. 問題解決の着目点

#### 4.1 時系列データの整理

筆者は、2015 年当初、時系列データが1週間単位でしか閲覧することができず、過去の全体流量と現在の全体流量のグラフをそれぞれ比較するなど、変化を視覚的に整理できない状態であった。そのため、冷却水設備が運転を開始した 2006 年まで遡り、流量の数値記録を複製して筆者の卓上の PC に保存し、ファイルに自由にアクセスできるようにした。

#### 4.2 記録された数値の間伐および平均化処理

運転を開始した 2006 年から 2018 年までの全てのデータはそれなりに膨大な量であり汎用のグラフ作成ソフトで加工するには持て余す。特に表計算ソフトであるマイクロソフトのエクセルの使用者であれば、ワークシートの行と列の制限で多量の数値データの扱いに困ってしまう。そこで、LabVIEW を用いて記録数値の間伐処理が実施できるプログラムを作成した。このプログラムを使用し自由に記録点数の間伐をおこなった。同様に、記録保存された数値データをグラフにしてみるとシグナルに対するノイズ成分が大きく、流量低下の現象がグラフを作成した時点では変化が確認できなかった。そこで LabVIEW で移動平均処理ができるプログラムを作成した。前後各 10 ポイント、計 21 ポイントで平均化処理をおこなうとグラフ上に緩やかな流量低下の現象が見えるようになった。

#### 4.3 純水補給のタイミングで起こる流量変動の不思議

Figure 2 に設備名称 RI4 における 2012 年 10 月から 2014 年 7 月にかけてのバッファタンクへの水の補給及び冷却水流量を示す。以前からの傾向として、バッファタンクへの給水によって冷却水流量が増加することが確認されている。同様に時間が経過すると冷却水流量が減少することが確認されている。補給水を冷却水の循環経路内に補給することで全体流量が変化して見えることから、追加した補給水の水質と、使用中の冷却水の水質に何らかの違いがあるのではないかと考えていた。

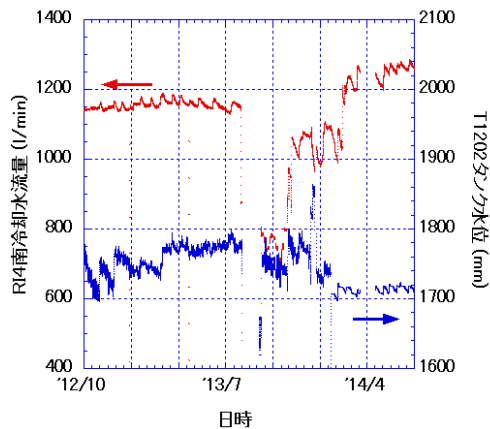


Figure 2: Record of operating status, RI4 water flow rate and storage tank level of cooling water.

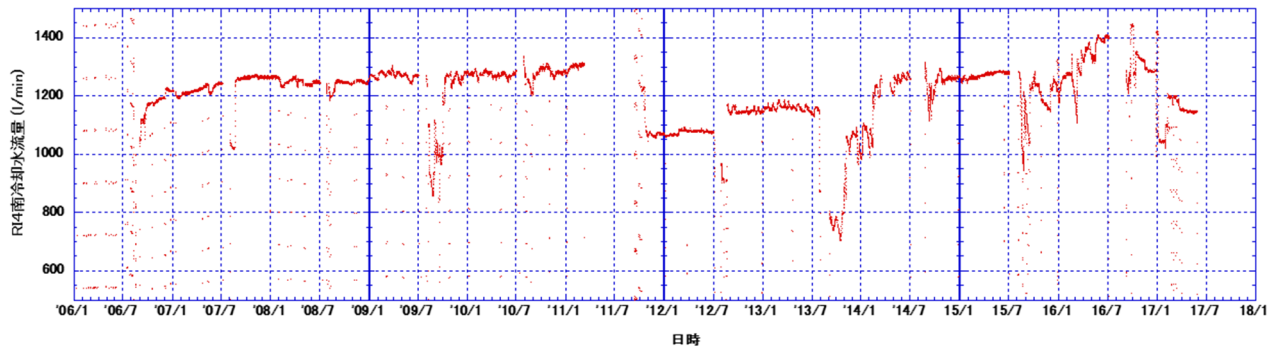


Figure 3: Record of operating status, RI4 water flow rate.

すべての冷却水が入れ替わった事により2012年1月頃には再度安定した流量になっている。しかし、2012年夏から年月を経るごとに流量の変動が大きくなってきている。特に各年の夏のメンテナンス期間が終了し加速器の運転が再開すると冷却水流量の変動が大きくなっていると見ることができる。

## 5. 運転監視の改善提案

これまでの冷却水設備における全体流量低下の経験から、機器及び機器の状態の監視のために改善すべき点を述べる。第一点目として、状態監視グラフの時間軸の長時間表示が必要である。第二点目に、数値データのS/N比の改善を提案したい。

## 6. まとめ

J-PARCの更なる安定運転のために問題となっていたリニアック加速空洞用冷却設備の流量低下を皆無にした。この冷却水流量変動の原因は二つある。第一に、冷却水の汚濁が流量変動の因子となっている。第二に、建設当初選定された循環ポンプが冷却水の汚濁に敏感に反応して流量が変動していた。2017年夏に抜本的な対策をおこなった。循環ポンプが汚濁水に敏感に反応し冷却水流量の変動の発生原因であった。新たにメカニカルポ

## 4.4 長期間グラフの作成

Figure 3にRI4における2006年夏から2017年にかけての冷却水流量を示す。約10年間のRI4冷却水設備の流量の記録を古い順番から見ると、2006年夏からの1年間は全体流量が徐々に増加はしているものの、比較的安定した値であったと考えられる。2007年夏から2008年夏の流量は安定している。2008年夏を過ぎて、2009年1月あたりから流量変動が見えてきているようである。2009年夏には一段と冷却水流量が変動し始めたと見ることができる。2010年夏には更に変動が大きくなっている。しかしながら、2012年1月には、再び安定した流量になっている。2012年に流量が安定した理由を考えると、2011年の大震災ですべての冷却水の入れ替えが行われた事によると考えられる。

ンプの循環ポンプに交換したことで、冷却水設備RI4での流量変動による加速器の計画外の運転停止は皆無になった。今後は、冷却水の汚濁を除去するメンテナンスを実施したい。特に夏のメンテナンス期間に水の汚れが増殖されると考えられる。毎年夏に冷却水全量の交換を実施するのも得策と考える。もちろん加速空洞内のすべての冷却水を交換する必要がある。冷却水設備の安定運転そして加速器全体の安定運転に絶大な効果があると考えられる。

## 謝辞

冷却水流量低下の調査にあたっては、J-PARC 加速器ディビジョン長 長谷川和男様、加速器副ディビジョン長 金正倫計様にご指導頂きました。御礼申し上げます。

## 参考文献

- [1] 山崎良成. “Accelerator technical design report for J-PARC”, KEK-report 2002-13(2002).