

リニアック加速空洞用冷却水設備の現状

PRESENT STATUS OF WATER COOLING SYSTEM AT J-PARC LINAC

菅沼和明[#], 廣木文雄, 伊藤崇, 山崎良雄

Kazuaki Suganuma [#], Fumio Hiroki, Takashi Ito, Yoshio Yamazaki

Japan Atomic Energy Agency

2-4 Shirane, Shirakata, Tokai, Ibaraki, 319-1195

Abstract

J-PARC LINAC has a problem that the amount of the flowing water is reduced. It spends such time from alarm to the restoration that it is desirable to take measures. So we have to solve this problem. We tried to focus again on the related water level fluctuation in the storage tank of cooling water equipment and the flow rate fluctuation all of the cooling water that has observed in cooling water equipment named RI4 from RFQ to SDTL of the LINAC. At the same time, we check new information of the operating data. We have hypothesized about the cause of fluctuation of the whole flow rate. That can be deterioration of water quality and lacking of performance of circulation pumps. That can be deterioration of water quality and lacking of performance of circulation pumps.

1. はじめに

J-PARC リニアック[1]の冷却水設備は、以前より流量の変動[2]が散見され、2015年の秋より冷却水の流量低下によって警報が頻発し、加速器全体の運転を停止させる事態が発生している。警報発報から復旧までに約6時間程度運転を停止させており、早急な対策が望まれJ-PARC 加速器全体で取り組む課題となっている。筆者らは、リニアック冷却水設備のひとつであり、警報が発報し加速器全体の運転を停止させている設備名称 RI4 について、冷却水設備のバッファタンクの水位の変化と、RI4 冷却水全体流量の変動の関連について、再度注目してみた。同時に、本年4月からの運転経験と、2006年頃から2016年夏までの運転記録から新たな情報の有無を調べた。冷却水の流量の減少原因について仮説を立てた。その結果、冷却水の水質とポンプの送水量に関連があると考えられるので報告をおこなう。加速器のさらなる安定運転には、水質の改善、およびRI4の循環ポンプの再選定及び機種を変えての交換が必要と考えられる。

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。特筆すべきは、放射線管理区域(RI)に設置されている冷却設備であること、及び冷却水温度の制御をおこなっていることである。RFQ に使用する冷却水は $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 、加速管では $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 、位相制御用の基準信号及び位相計測用のケーブルでは $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ の温度に保たれた冷却水の制御をおこなっている。

[#] suganuma.kazuaki@jaea.go.jp

2.2 RI4冷却水設備

Figure 1 に冷却水の流量低下が発生している RI4 の冷却設備の系統を示す。RI4の循環ポンプには、日機装株式会社のキャンドポンプ、型式 HN48D-N3 を採用している。定格流量 7,700 リットル/分、揚程 70mである。リニアックの加速管 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、バイパスに 1,000 リットル/分、浄化装置に 300 リットル/分ほどの流量で運転をおこなっている。

Table 1: List of Water Cooling System at LINAC

設備名称	負荷	温度($^{\circ}\text{C}$)	流量(l/min)
RI1	RFQ	22 ± 0.1	300
RI2	Ion Source	27 ± 2.0	100
RI3	DTL,SDTL (Iron)	27 ± 0.2	3,800
RI4	DTL,SDTL (without Iron)	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

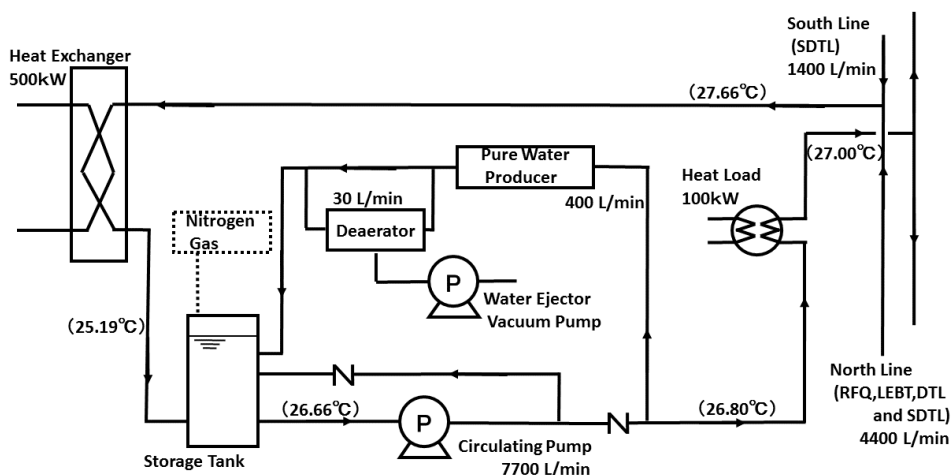


Figure 1: Diagram of RI4 water cooling system.

3. RI4 冷却水設備の運転記録

3.1 冷却水補給水と流量増加

Figure 2 に RI4 南側における 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。2009 年頃からの傾向として、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。2014 年にはバッファタンクへの冷却水補給が冷却水流量を以前の値に戻すための調整方法となっていた。しかしながら 2015 年夏には上記方法では冷却水流量の増加が起こらなくなった。流量を一定に保つためのひとつの調整方法を失ったことになったと考えられている。Figure 2 では、2013 年 1 月頃にはタンク水位補給と連動して流量の増加が確認できる。しかしながら 2013 年 4 月頃には上記が連動したグラフが見ることが出来ず、また 2014 年 4 月頃より水位と流量が連動していると見る事ができる。Figure 2 からは補給水による流量調整が毎回同じように行われていたとは考えられない。

3.2 2016 年の RI4 冷却水流量の記録

Figure 3 に RI4 系南側における 2016 年の冷却水流量及び溶存酸素の値を示す。特筆すべきは、溶存酸素の増加に連動して冷却水流量が増加していることである。ここまでの整理から、次のことが言える。①RI4 冷却水設備は運転中に冷却水の全体流量が減少する。②バッファタンクに給水すると冷却水の全体流量が増加する。③冷却水に酸素が混入すると全体流量が増加する。である。建設当初は安定だったはずの冷却水の流量がなぜ変動する問題に変わったのか。冷却水流量低下の原因を更に探るため、建設当時からこれまでの運転データを改めて見ることにした。

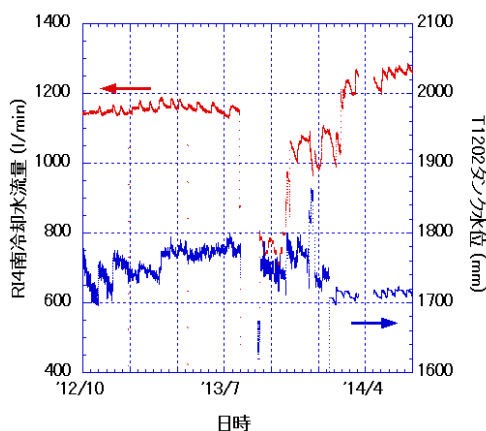


Figure 2: Record of operating status, RI4 water flow rate and storage tank level of cooling water.

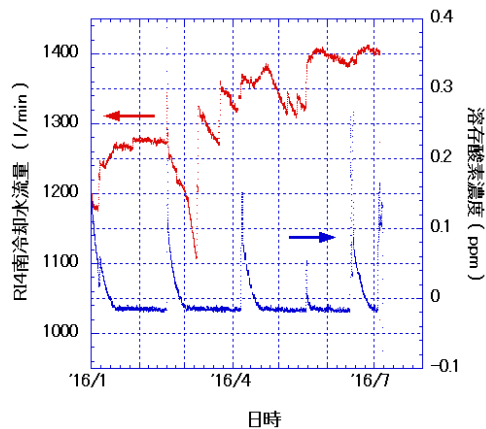


Figure 3: Record of operating status, RI4 water flow rate and dissolved oxygen concentration.

3.3 2006年から2016年までのRI4冷却水流量の記録

Figure 4にRI4南側における2006年夏から2016年夏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。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。2015年の夏からは冷却水流量の変動と加速器空洞での流量調整のため、徐々に全体流量が増加している。加速器の運転を止めないための努力がグラフに現れている。

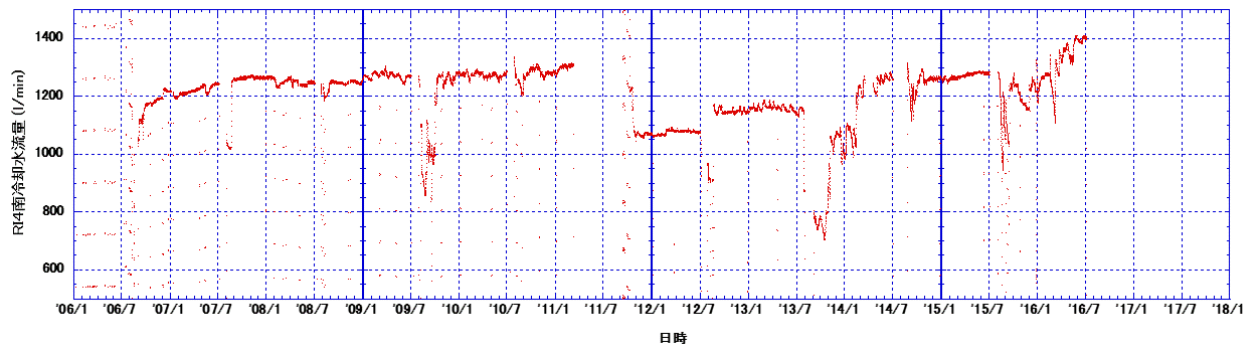


Figure 4: Record of operating status, RI4 water flow rate.

3.4 流量低下の原因の仮説

前項までの調査から、筆者らはふたつの仮説をたてた。ひとつは、冷却水の汚濁が流量変動に影響を与えているとの仮説。もうひとつは、採用した循環ポンプが汚濁した冷却水に敏感に反応するポンプであるという仮説である。3章1項で述べたように補給水(真新しい水)を供給すると冷却水流量が増加している。そして建設初期時の冷却水流量は変動が見当たらない。同様に夏のメンテナンス期間後の冷却水流量は流量変動が現れている。そして年月を経るごとに変動幅が大きくなっている。しかしながら3章2項で述べた溶存酸素の増加が冷却水流量増加との関連を説明する事が出来ていない。また、今年に入ってからの調査で、脱気装置に流れている通水を遮断すると冷却水の全体流量の減少が現れない事が分かってきた。

4. まとめ

以下に本報告のまとめを記す。J-PARCの更なる安定運転のためには、現在問題となっているリニアック加速空洞用冷却設備の流量変動を抑える必要がある。この冷却水流量変動について原因の仮説をふたつ立てた。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る。である。そこで対策案を記す。冷却水流量の減少を抑えるには、まず、冷却水の汚濁を除去するメンテナンスを実施することを提案する。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。夏の期間の冷却水の循環運転などによる維持管理が必要であろう。または毎年夏に冷却水

全量の実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ことを提案する。冷却水の全量交換は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。最後に決定的な対策として、新たに別の循環ポンプ採用を検討し交換することを強く提案する。現在採用されている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る。現在稼働中のキャンドポンプの使用を中止して、新たにメカシールポンプ等の循環ポンプに交換を行うことで冷却水設備RI4での流量変動による加速器の計画外の運転停止は激減するはずである。早急な循環ポンプの交換を提案したい。

謝辞

本加速空洞用冷却設備RI4の冷却水流量の変動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。冷却水運転記録の整理にあたっては、加速器第四セクション 宇佐美力様、鈴木博様、日本アドバンスドテクノロジー株式会社 五十嵐浩一様に多大なるご協力を頂きました。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).
- [2] T. Ito *et al.*, "Decrease in flow rate of cooling water for DTQ and its measures", Proceedings of the 7th Annual Meeting in Japan, Himeji, Aug. 4-6, 2010.