

Maintenance of the Electron LINAC and the STB-ring Cooling system

Shigenobu Takahashi^{#,A)}, Masayuki Kawai^{A)}, Yoshinobu Shibasaki^{A)}

Kenichi Nanbu^{A)}, Toshiya Mutoh^{A)}, Ikurou Nagasawa^{A)}

A) Research Center for the Electron Photon science, Tohoku University

2-1-1 Taihakuku Mikamine, Sendai-city, Miyagi-Prefecture, 982-0826

Abstract

We describe the maintenance and significant points to be improved on the accelerator cooling system at Research Center for the Electron Photon Science in these years. We have used a chemical for preventing introduction of algae and scale into the heat exchangers in cooling towers of both the linac and the booster synchrotron for last 10 years. However, it has turned out that the chemical might rust peripheral equipments in the cooling water system. Therefore, commercial water treatments of silver ion and copper ion have been employed since 6 months ago. Some better results are coming up, which are reported in this article. In addition, issues appeared after replacement of the evaporative cooling system for the klystron and others concerning maintenance of the whole cooling system are discussed.

電子リナック及びSTBリング冷却系のメンテナンス

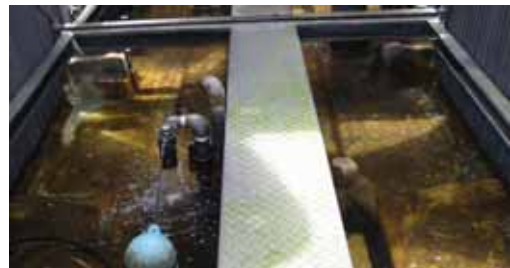
1. はじめに

当研究センターの加速器冷却系について、既に40数年経過しているが、現在でも多少の問題はあるが稼働している。本稿では、最近2,3年の間の改造、更新箇所について述べる。まず、市水系であるクーリングタワー（以後タワーと呼ぶ。）冷却水系に市販の水溶性銀イオン水処理剤（以後銀イオンガラスと呼ぶ。）及び水溶性銅イオン水処理剤（以後銅イオンガラスと呼ぶ。）を投入し良好な結果が得られたので紹介する。クライストロン冷却装置は5台全てがプレート熱交換器型に更新されたが、その後の問題点や対策について述べる。また、本年5月に行われた冷水配管の管内カメラ調査やSTBリング冷却系の故障についても報告する。

2. 開放型冷却塔内に銀イオンガラス Ag⁺及び銅イオンガラス Cu⁺の投入

当研究センターではリナックタワー系用（400冷却トン）とSTBリング冷却系用（300冷却トン）の2基の開放型タワーが設置されているが、これまで約10年間に亘り、スケールの付着、藻の発生防止のためマルチ材と呼ばれる薬品滴下注入を行ってきた。しかし、その効果の割にはタワーから飛散する水滴により、タワー脇に設置してある制御盤が腐食して穴が開き、設置後8年で更新を余儀なくされたり、その他、タワーファンモータの端子部やタワーポンプ水受け等（ホッパー）を腐蝕させてきた。また、導電率によるブロー排水によりタワー内の水質管理を行ってきたが、薬品注入による導電率上昇で無駄な水道料金を支払ってきたようにも思える。その他、当研究センター周辺は市民の憩いの場、桜の名所「三神峯公園」があり付近の野鳥にとっては、これらのタワー冷却水が、水飲みや水浴び場所ともなっていると思われる。タワー冷却水を薬品レスに

することは、環境に優しいし、また何よりメンテナンスをする私達職員、作業する業者にとっても健康に良いと考えられる。



第1図：銀・銅イオンガラス水処理材を投入前（上）と後（下）のLINACタワー内の様子。

下側図は清掃後2カ月経過。

第1図は、銀・銅イオンガラス投入前後のタワー内の様子で、下側の写真の撮影日は2010.8で、床面が黒ずんでいるのは剥離したスケール及び粉塵である。これは両イオンガラス水処理剤投入後6カ月経過した写真である。銀イオンガラスについては、スライム発生の防止、スケール化の防止、堆積したスケールの剥離、レジオネラ菌等の静菌化、赤錆の抑制、水の清澄化等により省エネルギー効果がある事が挙げられている。保有水量1トン当たり1kg投入すると、0.1%銀イオン溶出となる。銀イオンの殺菌メカニズムとしては、細菌の電子伝達系阻害

(呼吸系障害)、細胞膜損傷、DNAとの結合が挙げられている。又、防藻剤としては、銅イオンガラスがあり、藻の細胞内の酵素と結合して、栄養源をエネルギーに変化させる生理作用を阻害し死滅させる。使用量は、保有水量 1t につき 300g を水中に浸漬するだけで、銅イオンガラスもそれぞれ 3~4 個 (3~4kg) 同時期に投入している。安全性については、銀イオン、銅イオンガラスとも、MSDS (化学物質等安全データシート) が提供されており、人体には無害で、かつ無公害であると記載されている。

特徴を挙げると、

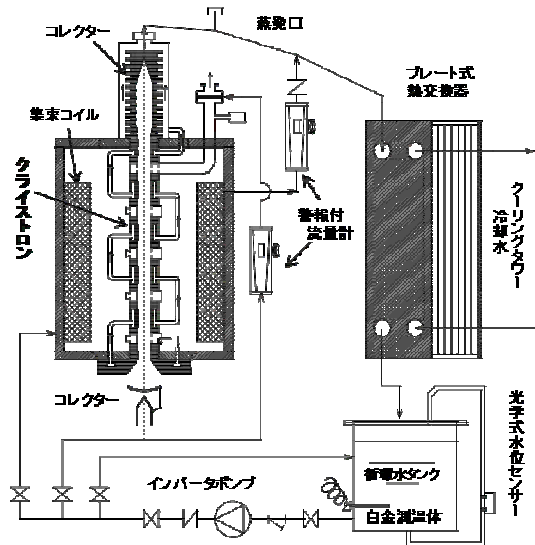
- ・配管内面の赤錆を黒サビ化に改善
- ・スケールの付着防止及び剥離作用
- ・ノンケミカル・無公害なので安心。
- ・排水処理が不必要。
- ・特別な機器を設置する必要がなく、投入・浸漬するのみなので、取扱い、メンテナンスが簡単。
- ・銀イオン、銅イオンガラス投入時にスケール、カルシウム等の成分が溶け出して、水質を悪化させるが、ブロー排水により、一定水質に保持される。
- ・定価では、銀イオンガラスは 2 万円/1kg/6 か月間使用可能、銅イオンガラスは 1.5 万円/1kg/3 か月間使用可能で、従来の注入薬品と比べて高い。

3. クライストロン冷却装置について

クライストロン冷却装置とはクライストロン運転時のコレクタ熱損傷を防止するための保護装置として装備されているもので、当研究センターではリナック用に 5 台設置されている。クライストロンのコレクタに発生した約 90KW (パルス繰返し 300PPS 時) の熱量を水の蒸発潜熱を利用して毎分 10 数 程度の流量で冷却する事が出来る。この装置はこのほかにクライストロン集束コイルと 4 個の空洞も冷却している。この装置の概念図を図 2 に示す。2008 年までに全て多管式からプレート式熱交換器に変更・改造を行った。以後、装置更新後の問題点とその対策について述べる。

3.1 タワー水のストレーナの詰り

本装置の熱交換器のタワー水入り口側には 40 メッシュの Y 型ストレーナを付けていたが、3 か月程度で目詰りを起こすので、ストレーナのメッシュサイズを荒くして使用している。原因は、鉄サビや藻、泥によるものであったが、現在は鉄サビの発生源が殆ど撤去され、銀・銅イオンガラスの投入により、藻による影響もなくなった。しかし、粉塵の混入については開放型タワーでは外気との熱交換させるためにどうしても避けられない。4 号機冷却装置ではこの粉塵除去のために 2 年前より複式ストレーナを取り付けてある。利点としては、切換えが簡単である事。欠点としては 2 つフィルタを装備しているために結構設置スペースを取ることである。また、ストレーナのフィルタ洗浄頻度は 1 回/2 か月程度であり、メンテナンスインターバルが短いため、もう少し改善の余地があると考えている。



第 2 図 クライストロン冷却装置の概念図

3.2 冷却装置タンクの問題点及び対策

- ・オーバーフロー故障：3 号機冷却装置のタンクは、当初、自動給水方式にしてあった。しかし、改修 1 年後からタンクから循環水があふれ出してくる事が時々発生した。タンク容量は 70 L、大気開放、水深 50cm、最大水圧は 5 kPa である。これを半導体圧力センサで DC 1~5V (水深 0~2 m に相当) に変換して、PLC で AD 変換し、装置制御盤の小型液晶画面に水位を表示している。詳しい原因は解らないが、コレクタ内で放射化されたゴミ等が冷却水を通じてタンクに流入し、これが圧力センサに影響するのか、モジュレータのパルスが影響するのか検証中である。現在は制御ソフトの一部を書換え、手動操作で対処している。
- ・水位センサの選定：3 号機でのオーバーフロートラブルや予算上の制約もあったために、他号機冷却装置では手動給水方式を取っている。その理由として、この装置は水漏れ箇所が殆ど無く、蒸発圧力逃がし口からの蒸発分だけ補給すれば良い為、水位低下は 50PPS 運転で 2 週間連続運転しても約 1cm 程度である。初めはタンク連通管に、あるメーカーの液面レベルセンサ (静電容量方式) を取り付けたが、電源が切れると満水状態であるにもかかわらず信号が出ないため、センサ部に手をかざして静電容量に変化を与えなければならぬという欠点があった。対策として、オームックス社の FSP-980-S とする新光学型センサを見つけ、市販の 13 ビニールホースに取り付けて使用している。NPN オープンコレクターで A, B 両接点付きで 2 年前より使用している。数 μ S/cm の純水にも対応でき、かつ 1.7 万円と安価である。
- ・藻の発生：冷却装置内のタンク及び透明シンフレックス管内にも藻が発生して着色してき

た。装置タンクへのリターン水は約 30 cmの落差があるためタンク内に気泡が発生する。この大気との混合により藻が発生すると思われる。対策として銅の編組線を 40cm 程度タンク内に入れてみたところ、藻の発生が抑えられた。多少純度は低下するが、タンク内導電率は数 $10\mu\text{S}/\text{cm}$ 程度であり、運転上問題はないと考えている。しかし、3号機だけは藻の発生がなかった。タンク内には気泡が発生しない様、タンクの横面から水が戻るようにしてあり、波立ちも他号機より少ない。この事は、空気と冷却水との混合と、藻の発生には関係があるように考えられる。

4. 冷水配管内のカメラ調査について



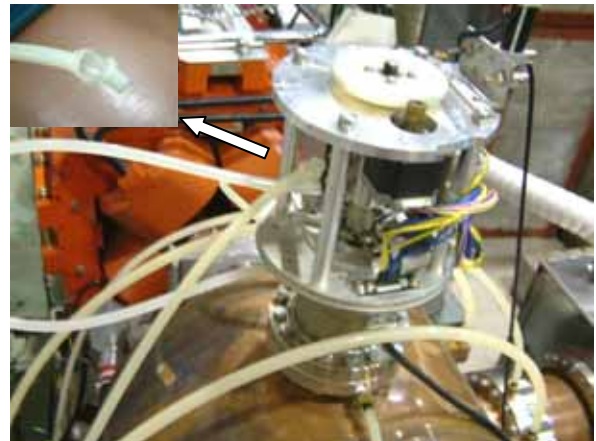
第3図 導波管熱交換器の還り管の赤錆コブ。

冷水循環系では 10 の市水を循環しているが、水の色が茶褐色になり、2 か月に一度、水系内の水の置換を長年行ってきた。水質分析の結果、鉄分の影響が多いと判断され、白ガス管（鉄配管）の錆の影響ではないかと判断された。しかし、冷水配管は長期間に亘る配管改造によりステンレス管、鋳鉄管、銅管と 3 種類の管材で接続されており、水系全てを更新する予算は無いので、どの部分の腐食が激しいかを調査するために、管内カメラを挿入し調査を行った。この冷水系は口径 60 A と口径 40 A の 2 系統に分岐され、その後、合流しチラーで冷却され循環している。今回の配管更新は口径 40 A の導波管系統熱交換器に至る往還配管を既設材と同じ白ガス管に更新した。鉄管を使用した理由として、安価であること、循環水は市水を使用する事、白ガス管でも 40 年以上通水運転できる事等である。

カメラ調査について、適当なフランジ部を外して、切断せずにカメラ部を挿入する事が出来、数 10 m 先の管内を初めて調査する事が出来た。しかし、サビ・コブが配管内面から大きく張り出した個所や、2 つ以上のエルボがある箇所等にはカメラ部を通す事が出来ない点や、1 日のレンタル料が 10 数万円と高価な事が欠点としてあげられる。

5. STBリング空洞冷却配管の破裂

第 4 図に示すように、STB リング空洞の可動チューナ冷却水路用の N2 型（口径：3/8）シフレックス管が破裂した。この配管はこの事故まで、12 年間使用されてきたものであった。流量は 5 /min、水圧は 0.7MPa、水温は 30 ± 0.1 である。破断個所の拡大図を左上に掲載してあるが、継ぎ手接続箇所から膨張して破裂している。シフレックス管部分の配管長は 2 m 程度である。この管の常用圧力としては 2.3MPa であるが、通水温度を空洞試験のために 40 にした事もあり、かつ、図中の継ぎ手部分は数 cm 摺動が可能であり、配管の振動により継手部固定端に近い所が破れたものと考えられるが、シンクロトロンリング真上であり、漏れ放射線の影響もあると思われる。簡便な対策としては早めの交換が必要と考えている。



第4図 STBリング空洞のシフレックス管の破断（左上は破断個所の拡大図）

6. まとめ

開放型冷却塔について、銀・銅イオンガラスは薬品注入に比べると高価ではある。しかし、メンテナンスする人への健康、野鳥等の環境に与える影響については、金額だけでは評価はできないと考えている。まだ、使い始めて 6 か月しか経っていないので今後の様子を見て検討していきたい。

シフレックス管は敷設施工が簡単であり、当センターでもあちこちに使われているが、一度敷設すると問題が発生するまでは、配管変更が難しいように思われる。LINAC 本体室でも放射線量により変わるが 10 年以内で交換するようにしている。現在の状況では、何とか低予算でも加速器の運転を継続できるように努力中である。

参考文献

- [1] 高橋 重伸., “核理研 HIGH DUTY LINAC 冷却系の 30 年間のメンテナンス”, 日本加速器学会誌 2 巻 3 号, 2005