

50% Reduction of Energy Consumption in AIST Electron Accelerator Facility

鈴木良一¹、山田家和勝¹、小池正記¹、一村信吾¹、清紀弘¹、豊川弘之¹、小川博嗣¹、安本正人¹、黒田隆之助¹、大平俊行¹、木野村淳¹、大島永康¹

¹産業技術総合研究所

Abstract

The energy consumption in the AIST electron LINAC facility has been reduced more than 50% by optimizing the water-cooling system, Klystron modulators, water temperature control system for the accelerating tubes, air conditioning system, etc. Most of the improvements have been done during the renewal work of the air conditioning system in last fiscal year.

産総研電子加速器施設エネルギー消費半減化

1. はじめに

産総研電子加速器施設は、クライストロン E3772 (22 MW, 最大200 pps) 8台を用いた400 MeV電子リニアックと800 MeV電子蓄積リングをはじめとして、直線加速装置3台、電子蓄積リング3台を有する中規模電子加速器施設である。従来のリニアック施設は、大型冷却塔（冷却能力1.6MW）、ターボ冷凍機、ボイラー熱源を利用した集中型の空調・冷却水システムになっていた。この施設の従来の年間電力使用量は約4,000 MWhであり、その2/3以上が空調・冷温水系のために使用されていた。

従来の空調・冷却水系は、加速器がフルパワーで稼動している場合を想定して設計されていたことから、フルパワーの時は効率が高いが、加速器の能力の一部しか使用していない実験では、極めて効率の悪いシステムであった。特に近年はリニアックを2 ppsで使用する電子蓄積リングへの入射やクライストロンを2台しか使用しない陽電子の実験時間が大部分を占めることから、空調・冷温水系の効率の悪さが問題となっていた。

この施設は、建設から25年以上経過し、空調システムの更新が昨年度予定されていたが、前述のように加速器の冷温水系は空調と同じ熱源から供給していたことから、この機会に加速器の設備、空調システム、冷温水システムを全面的に見直し、できる限りの省エネ化対策を行った。

3. 省エネ化対策

電子加速器は大電力を使用する装置であり、それが最終的に熱となって放出されることから、施設の空調、冷温水システムは、電子加速器の運転によって発生する熱量を元に設計する必要がある。

現在の産総研電子リニアックは、蓄積リングへの入射と陽電子実験以外の運転モードでの使用が主なことから、これらの運転モードで発生する熱量に合わせて空調・冷温水系の設計し更新工事を行うとともに、以下のような各種の省エネ化対策を実施した。

- 空調システムの分散化・二重化
従来の加速器実験施設の空調は、熱源から輸送してきた冷水・温水（1次冷温水）を用いて行っていたが、1次冷温水は使用していない実験室にも供給しており効率が悪かった。新しいシステムでは、空調システムをエリア毎に分散させるとともに、換気用空調と温度を保つための空調（パッケージ空調）の2重のシステムとし、必要に応じて空調を使い分けることができるようにした。
- リニアック冷温水系統の3分割
従来は、陽電子の実験など、低エネルギー部の加速管しか使わない実験でも全ての加速管に冷温水を供給しており、無駄があった。そこで、新しいシステムでは、冷温水系統を低エネルギー・中エネルギー・高エネルギー部に3分割し、実験に応じて必要な部分のみ稼動できるようにした。
- 冷却水・温水配管の揚程、配管長の短縮
従来は、別の階の部屋に設置したポンプでリニアックに冷温水を供給していたが、この配管系統の配管長が長く、高低差もあることから、高揚程の大きな電力を消費するポンプを設置していた。今回の更新では、冷温水系統を分割するとともに、加速管の保温冷却用

の水タンク及びポンプを加速器室に設置することにより、配管長・ポンプの揚程を大幅に短縮した。

- 80MW クライストロンの導入

多目的蓄積リング TERAS や自由電子レーザー専用リング NIJI-IV への電子入射では、電子ビームは 2pps で入射しているが、従来はクライストロンの電源が 2pps では不安定になるため 50pps で動作させており、無駄な電力を消費していた。これを 80MW クライストロン (E3712) を用いた電源に変えれば 2pps で動作可能なだけでなく、従来の4台分を1台でまかなうことができ、大幅な電力消費の削減になることから、このクライストロンを導入することを決定し、これに合わせて冷却水や空調の能力を決定した。

の温調用の温水に使用していたが、温水を循環させるポンプが 24 時間稼動しており、夜間や休日は無駄な電力を消費していた。そこで、空調用は空調システムの分散化によりヒートポンプ方式を用いることで温水の使用を停止し、加速管の温調はヒーターを用いることにより熱源の使用を停止した。

- 熱発生源 (ポンプ等) を屋内から屋外に移設

大型の冷却水ポンプは、屋内にあると熱が発生し、その熱を外部に排出しなければならない。そこで、今回更新したポンプで最も大きなクライストロン電源の冷却水ポンプは、屋外に設置した。これにより屋内での空調能力の低減が可能になった。



図1. 改修前 (左) と改修後 (右) の電子リニアック室。改修で新設された4本の配管は、加速管の温水とRF窓・ダミーロードの冷却水配管であり、加速管の横に設置することにより、配管長及びポンプの揚程を最小限にした。

- ボイラー熱源の使用停止

ボイラー熱源は、空調用の温水と、加速管

- 加速管の保温

ボイラー熱源の停止により、ヒーターにより加速管の温調を行うことになったが、ヒー

ターの電力を低く抑えるため、加速管に保温材を巻いた。これにより、2m 加速管 20 本の温度が 3kW 程度の電力で可能になった。

- 冷水チラー・空調機器の能力低減

従来は、加速器のフルパワー(～600kW)を想定してチラーや空調機器の能力を決めていたが、今回の更新では、実際に使用する条件での最大パワー(蓄積リングへの入射時、200kW)に基づいてチラーや空調機器の能力を決定した。

- 制御室での冷水チラー・空調機器の制御

従来空調や冷水チラーの起動・停止はクライストロン電源室で行っており、加速器の制御室から容易にアクセスできないことから無駄に稼働している場合が多かった。そこで、チラーや加速器室や実験室の空調を制御室で起動・停止・温度設定等を行うことができるようにした。

- 高効率機器の採用

チラーや空調機器は、最新の省エネ効果が高い高効率機器を採用した。

これらの対策の多くは、2005年12月から2006年2月前半の期間に行った。これらの対策により、陽電子の実験時には電子加速器の稼働に必要な電力は工事前の1/5以下に、蓄積リングへの入射時は1/2以下になった。図2に2004年と2006年の加速器施設の電力使用量のグラフを示す。2006年は6月時点で電子加速器(MG)の稼働時間が2004年とほぼ同じである。これに対し電力使用量は半分以下になっている。また、これらの対策により、空調や冷温水機器のメンテナンス性も向上し、従来何度か起こっていた漏水事故等の危険性も低くなった。

3. おわりに

産総研電子蓄積加速器施設の空調工事の機会を利用して、空調、冷温水系を含めた施設全体の省エネ化を行うことにより、電力使用量を半減させることに成功した。さらに、電子リニアックでは温水ボイラーの熱源使用も停止した。これらによるエネルギーの削減量は、原油換算で約500kL/年、CO₂排出量で1,100t以上である。この省エネ化により、加速器のランニングコストを大幅に削減でき、その一部を新たな研究へ振り向けることができることから、今後の新たな研究の展開が期待される。

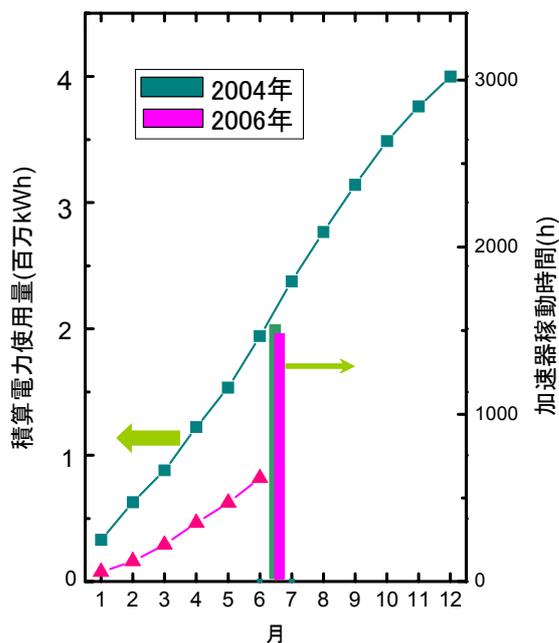


図2. 2004年と2006年の積算電力使用量と6月までの電子加速器稼働時間