

理研 RI ビームファクトリーにおける電熱併給設備

理研 藤縄 雅

1. はじめに

理化学研究所（以下理研）仁科加速器研究センターでは、現在 世界に冠絶する加速器施設といわれている RI ビームファクトリー（以下 RIBF）を建設中である。これに関しては順調に作業が進展しており去る 10 月 3 日には両陛下のご訪問もあった。さらに近々初ビーム試験が予定されている。本 RIBF に電力と冷却用冷水を供給する目的から、新エネルギー分野の一つである天然ガス電熱併給設備 (Cogeneration system 以下 CGS) を導入し、2003 年 4 月より順調に運転中である。この CGS は民生用としては埼玉県最大であり、同じく東京ガス供給範囲内においても単機容量最大を誇るものである。以下に本設備を解説する。

2. RIBF と各種新エネルギー

RIBF は SRC と呼ばれる世界最大最強の超電導リグサイクロトロンを主機として、他に直線加速器 1 台、常伝導大型サイクロトロン 3 台及び Big-RIPS と呼ばれる放射線同位元素 (RI) 発生装置より構成される。

本装置の運転が開始されると、原子核物理を中心に大いなる成果が期待されるが、また そのための電力消費も膨大なものとなる。

この計画が理事会で承認された時に理研上層部より京都議定書が議論されていた年でもあるから、RIBF 建設に当たり省エネルギーを考慮するようとの指示があった。

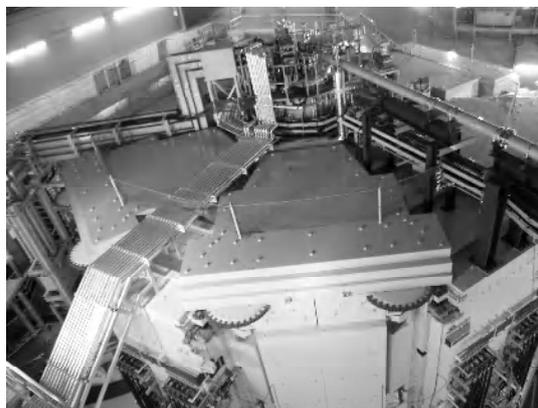


図-1 超伝導サイクロトロン加速器 (SRC)

ここにおいて、多くの新エネルギーシステムの導入が検討された。

1) 太陽光発電

仁科記念棟屋上約 1500m² の全面に太陽電池を設置しても、必要電力の 1/1000 以下の 20kW でありかつ年間 1600 時間程度の稼働しか期待できない。

2) 風力発電

1MW 級の風力発電システムには 6m/s の風速が必要であるが、理研のある和光市では 2.5m/s が平均値であり、実用性に欠ける。

3) 吸着式冷凍機

加速器電磁石や DC 電源の冷却に用いた冷却水廃熱を、吸着式冷凍機の熱源に用いることを考えたが、廃熱温度が低すぎて効率的な運用が出来ないことが判明した。

4) CGS

加速器は多くの電力を消費し、それが全て熱に変わることになる。電気を使って発生した熱を、電気を用いた冷凍機で除熱するのは、何とも無駄である。そこで、冷凍機にガス冷房を用い、ガス冷房の熱源にガスタービン発電機（以下 GTG）の排ガスを用いば、冷房をすると電気が発生する。ここにおいて CGS が RIBF には最適と判断され、導入が決定した。

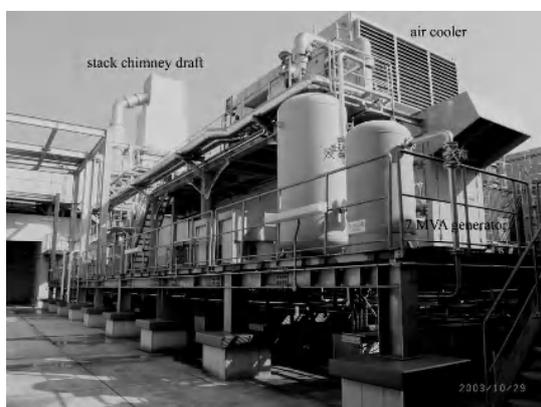


図-2 CGS 全景

3. RIBF における CGS

本 CGS は 1 軸開放型 GTG を導入し、燃料は東京ガスが供給する中圧 0.6MPa をガス圧縮機で圧縮し燃焼器に供給する。GTG には吸気冷却器があり、吸収式冷凍機を用い吸気を 34℃から 15℃まで下げる能力を持つ。これにより夏でも定格出力運転が可能となる。タービンにて圧縮された吸気は燃焼により 1100℃となり、タービンにて 480℃まで断熱膨張を行い、発電機を回転させる。これをブレイトンサイクルと呼ぶ。排気ガスは廃熱ボイラーに導かれ 160℃まで熱交換され、210℃の蒸気を毎時 12.5 t 製作し、吸収式冷凍機の熱源となる。熱負荷が少ない時は最大毎時 8 t の蒸気を

タービンに注入し、電気出力に変換される。蒸気タービンの仕事はランキンサイクルと呼ばれる。この GTG は最新流行のコンバインドサイクルの機能を有している。

主たる仕様は次の通り

- 1) GTG : 出力 6.5MW/15℃蒸気注入 8 t/h 時 入口温度 1100℃ 7000 k VA
- 2) 廃熱ボイラー: 蒸気温度 210℃ 蒸発量 12.5 t/h 蒸気圧力 1.6MP 排ガス入口温度 480℃ 出口温度 160℃
- 3) 吸収式冷凍機 : 計 2,740USRT (400USRT 5 台+370USRT 2 台)
- 4) 最大効率 : 64.4% (6MW+2.700USRT 時) 2007 年計算値

効率と環境特性については、一般の火力発電は 40%前後の効率であるが、CGS は高効率のうえ、燃料はクリーンな天然ガスを用いることにより火力発電に比較 CO2 排出ガス削減量は年間 1100 t、これは森林 220 h a の吸収量に相当する。

電力消費地点に電源があることにより、送電ロスがないことも大きな利点となる。

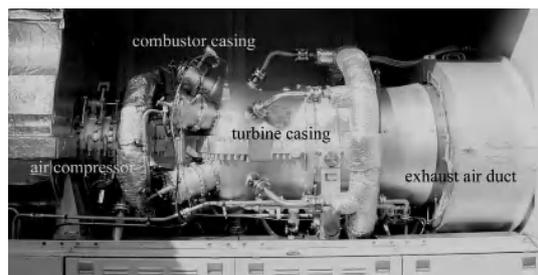


図-3 ガスタービン本体

これらの環境特性より、CGS は京都議定書への回答のひとつと考えられる。

4. 経済性

経済性については 表-1 に概要を示す。RIBF が未だ完全稼動していないため熱負荷が少なく、電気単価単純比較ではとくに

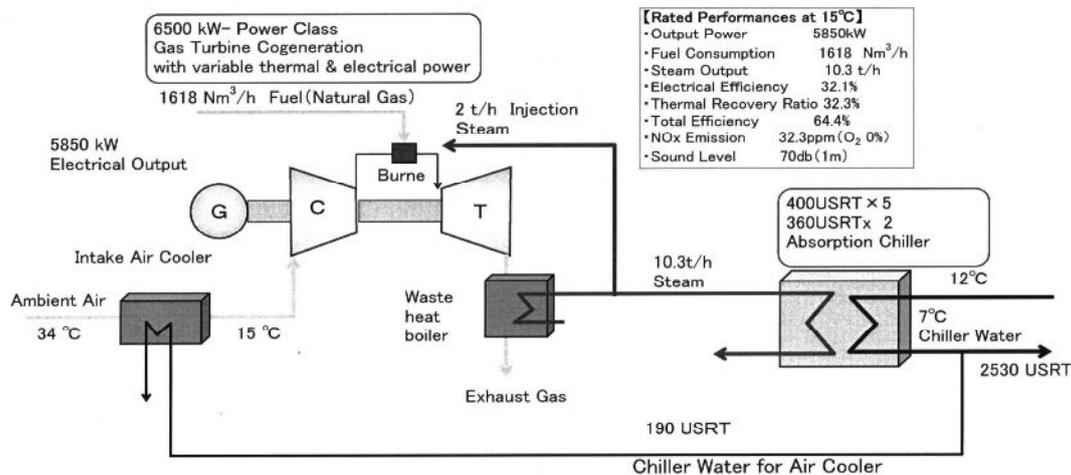


図-4 CGS 系統図

夜間電力に対し競争力が劣る。

一方 今まで東京電力の独占状態であったエネルギーが、東京ガスとの競争となり、変化が出てきた。

表-1 経済性

単価	¥/kWh	備考
電気出力のみ	10.2	9.85(昼)
熱回収含む	9.68	6.75(夜)
経済効果	低減価格 - 発生経費	
低減価格	¥	単価
電気基本料金	¥122,694,000	¥1,573/kW月
ガス単価低下	¥18,446,644	¥44.039/Qm
発生費用	¥	
自家発補給契約	¥-25,779,600	¥321/kW月
運転員	¥-24,000,000	3人
消耗品	¥-5,102,015	
メンテナンス費用	¥-25,751,704	
最終経済効果	¥60,507,325	年間

経済性の最大メリットは 基本料金の削減で 6.5MW で年間 1 億円以上となる。さらには、近日中に自家発補給契約を解除することにより、年間 2600 万円の削減が見込まれ、今後熱回収が進むと、さらに経済性

が向上することが期待される。

5. 電力安定供給

RIBF は超伝導電磁石を数多く保有するために、He 冷凍機を連続運転させる必要があり、落雷その他の東京電力による停電は加速器の運転に重大な支障を来す。

このため He 冷凍機をはじめ、真空機器、冷却水などの重要機器には東京電力と CGS の両方から給電する母線構成としている。具体的には 不足電圧継電器が 10% 以上の瞬時電圧降下を検知すると、超高速遮断器に解列指示を出し 検知を含め 1Hz (1/50 秒) 以内に遮断終了させ、CGS 母線を一般母線より切り離す機構である。このため CGS 母線の負荷は全く停電の影響を受けずに運転を継続でき、さらには停電による発電機に対する過負荷が防止され GTG の保護にも繋がる。

一方 CGS が故障した時には、東京電力よりの受電電力が重要負荷に供給されることとなる。両方が一度に故障する確率はきわめて低い。

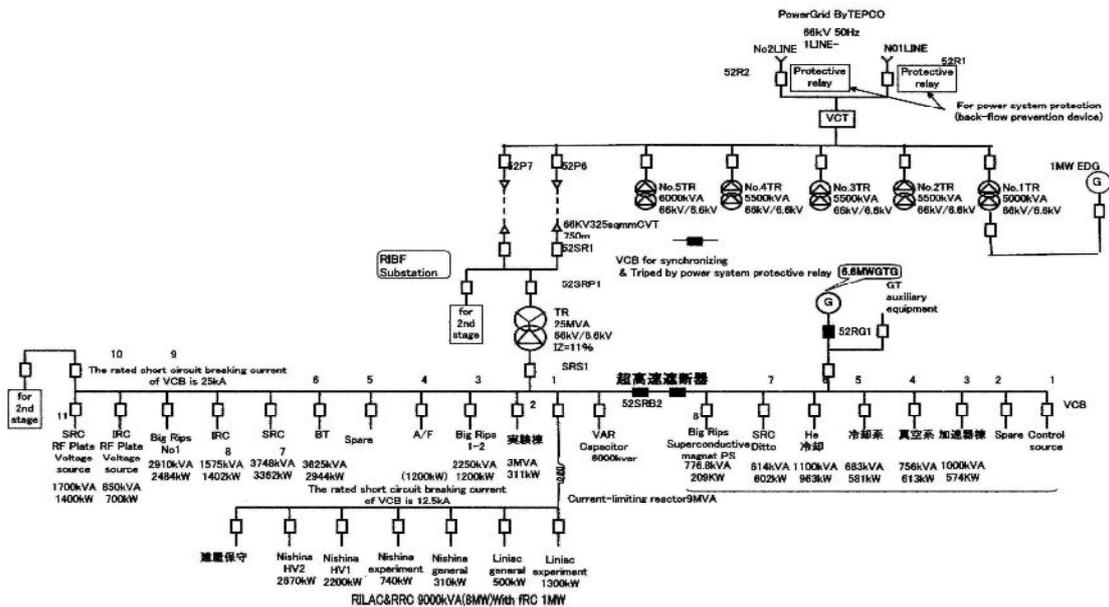


図-5 単線図

CGS が急に故障した場合には、理研受電電力が契約電力を超えないために 選択負荷遮断装置を準備している。

他の母線の停電作業や点検時に、CGS を単独運転させ、他の母線の点検ほかの影響を受けないで、加速器重要負荷が運転を継続できる利点もある。

この図に示す回路には 電氣的に大変巧妙な設計が数多く導入されているが、それについての説明は別の機会に譲ることとする。

6. まとめ

CGS の導入により

- 1) 環境負荷の低減
- 2) 電力供給の信頼性向上
- 3) 経済性向上

の3点が挙げられる、一方理研が先頭を切って CGS を導入し、成功裏に運用していることにより、和光市内には小型ながら多くの CGS が導入され 市民一人あたりの容

量と台数では国内トップレベルとなっている。

理研 CGS は今後も改良する余地（出力、効率共）が数多くあり、それにより今後の発展が期待される。

「参考文献」

- 1) 増元茂喜。西山住久。三菱電機技報 Vol.75 (2001-9) P13~P16
- 2) T.Fujinawa Y.Takuma and Y.Yano. RIKEN Accelerator Progress Report 2002 Vol.36 P310&311.
- 3) 北野大。
和光市地域新エネルギービジョン
和光市平成 18 年 2 月
P24, 73,102,103,106.