

理化学研究所 計算科学研究機構 次世代スーパーコンピュータ「京」熱源機械棟

次世代スーパーコンピュータ「京（けい）」を有する独立行政法人 理化学研究所 計算科学研究機構は、神戸市中央区のポートアイランドに位置する約 2ha の広大な敷地に、「京」が設置されている計算機棟、「京」を使用する研究者の居室である研究棟、「京」への電力を受電する特高施設、「京」へ冷却水を供給する熱源機械棟の 4 つの建物で構成されている（図 - 1）。今回、熱源機械棟に設置されているガスタービンコージェネレーションシステム（以下、CGS）を見学したので報告する。

1. 次世代スーパーコンピュータ「京」の概要^(※1)

次世代スーパーコンピュータ「京」(図 - 2) は、2011 年 6 月に引き続き、2011 年 11 月に発表されたスーパーコンピュータに関する世界ランキング TOP500 においても、演算性能において第一位を獲得した。「京」の演算性能は 2 位の中国のスパコ



図 - 1 「京」設置建屋全景^(※2)

ンの 4 倍の能力であり、開発目標の 10 ペタフロップス（每秒「1 京回」の浮動小数点演算数）と世界一の栄誉を同時に達成したものである。

「京」は汎用システムとして開発され、多くのアプリケーションで高い計算性能を出すことが求められている。それを実現するためには、CPU の信頼性の高さが不可欠であり、CPU は動作する温度を下げると故障率が低くなる。そこで「京」では従来の冷気で冷やす「空冷式」に加えて、冷却水が流れる水冷パイプをシステムボードに張り巡らせて直接 CPU を冷



図 - 2 スーパーコンピュータ「京」設置状況

やす「水冷式」を併用している。CGS は「京」への電力供給だけでなく、CPU 冷却の熱源としても有効に利用されている。

理化学研究所 計算科学研究機構は、計算科学の拠点の中核となり「京」のシミュレーション能力

を広く生かすために、すでに「予測する生命科学・医療および創薬基盤」、「新物質・エネルギーの創成」、「防災・減災に資する地球変動予測」、「次世代ものづくり」、「物質と宇宙の起源と構造」という5つの分野で戦略プログラムを立ち上げ、2012年秋の「京」の共用に向けて着々と整備を進めている。

2. ガスタービンコージェネレーションシステムの概要

「京」への電力は、関西電力より70kV特別高圧電力の本線・予備線受電で供給されている。CGSは商用電源と常時系統連系して運用される。「京」の本体電源は商用電源側に接続されており、CGS側にはCGS補機と「京」のハードディスク装置や研究室負荷等の重要負荷が接続されている。

CGSは、ピークカットによる契約電力抑制、省エネルギー、節電などの目的で導入されたが、商用電源の瞬時電圧低下（以下、瞬低）時には、商用電源系統とCGS系統の間にある高速限流遮断装置により解列し、CGS系統負荷の生き残りを図っている。このようなCGSのUPS（Uninterruptible Power Supply）的な使用は、計算機センターとしては初とのことである。但し長時間の停電時には「京」全体を停止させ、復電後、停電前の状態へ復帰して演算を継続することが可能である。

CGSは熱源機械棟に設置され、6MW級ガスタービン（以下、GT）×2基（図-3、図-4）



図 - 3 ガスタービン1号機



図 - 4 ガスタービン2号機



図 - 5 蒸気吸収冷凍機



図 - 6 インバータターボ冷凍機

と排熱回収ボイラ×2基から構成される。GTの燃料は都市ガス13A（中圧A）で、ガス圧縮機で昇圧された後にGTに供給される。排熱回収ボイラで製造された蒸気の一部はNO_x低減用としてGT内部に噴射され、残り全量がプロセス用蒸気（CGS2基運転時約25t/h）として蒸気吸収冷凍機（1700RT×4基、図-5）へ供給される。インバーターボ冷凍機（1400RT×2基+700RT×1基、図-6）も熱源機械棟に設置されており、両冷凍機で製造された冷水が配管トレンチを經由して計算機棟へ供給され、先に説明した水冷・空冷併用の冷却方法で計算機躯体の発熱を効率良く除去する（図-7）。

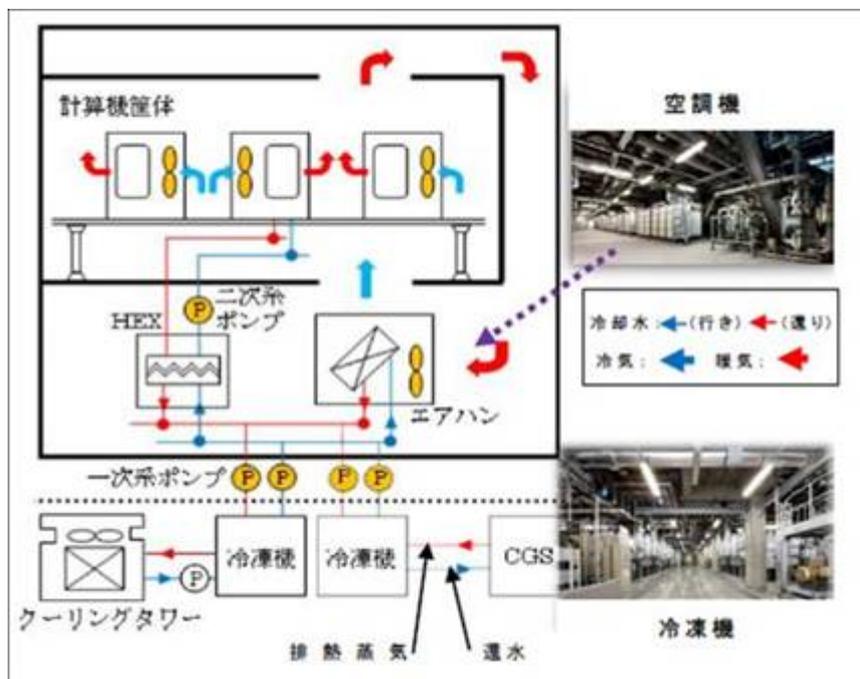


図 - 7 熱源系統フロー図^(※3)

3. ガスタービンコージェネレーションシステムの運用実績

CGSは、通常時は1基の運転で、「京」の高負荷計算時に2基が運転される。現在は、2012年秋の「京」の共用に向けて調整運転中である。

昨年7月に電圧低下率の大きな長時間の瞬低を経験された時は、複数あるCPUの約1/3がダウンするまで至ったが、幸いにもCGSによる建屋冷却系は継続運用できたために瞬低後の復旧がスムーズに行え、CGSがたよりになる設備と感じられたとのこと。

昨年11月に世界ランキングTOP500の性能テストを実施された時は、「京」は性能テスト実施の約30時間、一度も止まることなくフルスピードで稼働でき、「京」の安定した動作が実証された。この高負荷計算により「京」の消費電力も急増（約4MW）したが、CGS2基運転による契約電力抑制効果が確認できたとのことである。

また、昨年の夏とこの冬の節電にもCGSが役立っているとのことであった。

4. その他

「京」本体が設置されている計算機棟と研究棟は免震構造となっており、積層ゴムによる

免震装置（図8）やダンパー類により震度6強レベルの大地震が起きても主要な機能を確保できるようになっている。また計算機レイアウトの自由度確保や通信線の短縮化・均一化のために、計算機室（50m×60m、図-2）は無柱化されている。

この他に、研究棟は自然採光や自然換気など自然を活かしながら省エネルギーを図る工夫や雨水及び冷却塔ブロー水の再利用など、環境を配慮した設計がなされている。



図-8 免震装置（積層ゴム）^(※3)

最後になりましたが、お忙しい中ご説明や現場をご案内していただきました独立行政

法人 理化学研究所 計算科学研究機構 広報国際室 主査 岡田昭彦様、運用技術部 施設担当調査役 関口芳弘様、現場を案内していただきました運用技術部 運転技術課 滝塚博之様他、関係者の皆様に御礼を申し上げます。

<参考・引用文献>

(※1)理化学研究所 計算科学研究機構 パンフレット

(※2)「次世代スーパーコンピュータ開発実施本部 計算科学研究機構」(平成22年度独立行政法人評価委員会 理研作業部会ヒアリング資料 (2011年6月17日))

(※3)「京速コンピュータ「京」の最新状況」(黒川原佳氏 理化学研究所 計算科学研究機構)