

## 夏季計画停電における継続的なデータ処理を実現する電源供給経路の整備

○前田裕文<sup>#</sup>

高エネルギー加速器研究機構 共通基盤研究施設

### 概要

毎年夏、機構内の電気設備点検に伴う計画停電時に、計算科学センターが提供している基盤ネットワークやメールなどの情報基盤サービスを無停止で運用可能とするべく、外部に仮設発電機を接続して給電を行っている。2017年度からは Grid 関連の機器についても無停止で運用を行うため、UPS を経由して給電を行ってきた。2020年度秋から当該機器を含む中央計算機システム更新による設置場所と接続先 UPS の変更により、外部発電機の容量や設置場所などを検討した結果、給電経路を整備する必要が生じた。経路整備期間中は Grid サービスの停止を余儀なくされた。Grid は海外の研究機関が供出する計算資源と協調して運用を行う必要があるため、計算科学センターで運用を行う Grid サービスを停止させないことが望まれる。本発表では、停電期間中でも Grid サービスを運用可能とする電力経路整備に関して、苦労した点を交えて報告する。

### 1. KEK と計算科学センター

高エネルギー加速器研究機構 (KEK) は大型粒子加速器を使って、素粒子・原子核、物質や生命の研究を推進する研究所で、つくばと東海にキャンパスがある。東海キャンパスには、日本原子力研究開発機構 (JAEA) と KEK が共同で建設・運営を行っている研究施設である、J-PARC がある。KEK 計算科学センターは、KEK-LAN と JLAN (J-PARC の基幹ネットワーク) を擁する機構ネットワークや、中央計算機システム (KEKCC)、スーパーコンピュータシステム、電子メール・Web システムといった情報システムの運用だけでなく、データ解析環境を構築するための開発・評価や、Geant4[1] と呼ばれている放射線シミュレーションの開発など計算科学の研究を行うことにより、加速器科学の研究を支えている。

計算科学センターのシステム運用の特徴は次に示す二点がある。第一に、KEKCC と機構ネットワークがそれぞれのスケジュールで4～5年ごとに更新されることで、KEKCC は更新の度に計算機北棟と計算機南棟を交互に構築される。第二に、毎年夏の KEK つくばキャンパスにおける電気設備点検に伴う計画停電においても、一部のサービスを無停止で運用することが求められていることである (2020年度計画停電時については[2]を参照)。以下にその一部を示す。

- KEK-LAN (主につくばキャンパス)
- JLAN (主に東海キャンパス)
- メールシステム
- ウェブ更新サーバ、ウェブ公開サーバ
- Grid 関連機器

このうち、Grid サービスは海外の研究機関が供出する計算資源と協調して運用が行われるため、無停止での稼働が必要とされる。

上記サービスを無停止稼働するためには、外部発電機を用いた仮設給電が必要となる[3]。これは、ディーゼル発電機をレンタルして、あらかじめ設置され

ている切替盤に接続し、上記サービス機器とそれを冷却する空調、一部の照明などへ給電を行うものである。図1に仮設給電の様子を示す。この発電機から仮設切替盤へ電源ケーブルを配線して、給電を行っている。



図1. KEK つくばキャンパスの電源供給の様子

1年のうちで計算科学センターでの長期的な停電は夏季計画停電の期間のみなので、電源設備の整備の必要があればここで行うことになる。

### 2. KEK つくばキャンパスの電源供給概要

図2に KEK つくばキャンパスの電源供給の概要を示す。商用電源からつくばキャンパスの中央特別高圧変電設備において154[kV]で受電し、66[kV]へ降圧したのち、キャンパス内の複数の変電所へ送電されている。各変電所からサブ変電所と呼ばれる、さらに小規模な変電設備を経て、各研究所・研究施設の設備へ給電される。計算機棟へは、南変電所で66[kV]から6.6[kV]へ降圧され、その後、棟内に設けられたS-6サブ変電所で400[V]と200[V]、100[V]のいずれかに降圧されて、複数の回路に電力が供給されている。

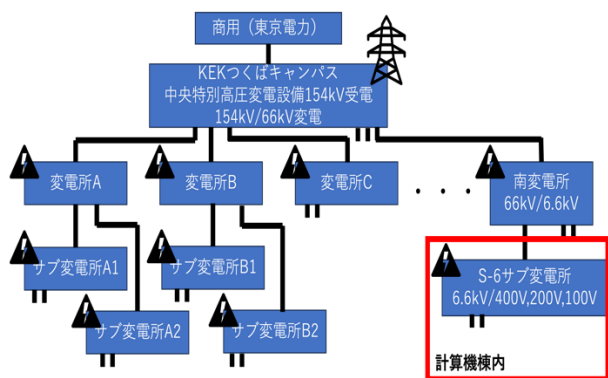


図2. KEK つくばキャンパスの電源供給概要

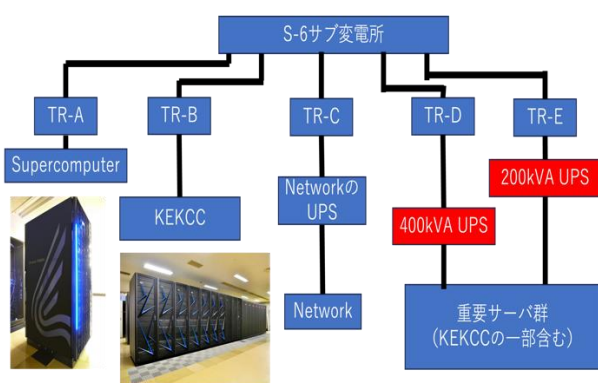


図3. 計算科学センターの電源供給概要

図3にS-6サブ変電所から計算科学センターのシステムに対する電源供給の概要を示す。S-6サブ変電所の変圧器”TR-A”からスーパーコンピュータに、変圧器”TR-B”からKEKCCに電力が供給されている。今回の給電経路整備の報告の対象になるのは、図3の右側にある、400kVA UPS (UPS1)と200kVA UPS (UPS2)である。そのほかにも、Webやメールを含むネットワークに給電するUPSがあるが、今回の報告の対象外である。いずれも、システムを構成する重要機器の短時間の停電・瞬時電圧低下への対策のために導入されているものである。

ここで、UPS1とUPS2の構成について説明する。どちらもUPS本体と入出力機能を有する周辺盤、蓄電池から構成されている。蓄電池の容量が異なる以外の、本体の三相210[V]対応、入出力盤の三相210[V]対応、出力分岐盤の三相/单相210-105[V]対応は共通している。しかし、UPS1の製造年は1994年であるが、UPS2は2018年に更新し、その周辺盤の一部や配線は更新前の1996年製造のものを流用している。

### 3. 計画停電時の給電問題

仮設給電とUPSによって夏季計画停電における計算科学センターのサービス無停止運用を行っている。KEKCCの現行システムは2020年9月に計算機北棟で運用を開始した。それまでは、計算機南棟で運用されており、その一部であるGridシステムの機器へはUPS2経由で給電されていたが、更新後はUPS1経由で給電されることとなった。計画停電時の外部発電

機による給電は、UPSメーカーから外部発電機の容量をUPS容量と同等以上とするよう推奨されている。2021年度の仮設給電に向け、UPSメーカーと仮設給電運用の業者、計算科学センターの関係者で協議を重ねた。その結果、UPS1の容量以上の外部電源となる発電機の設置場所の問題と発電機・切替盤間の配線引き回しの問題のため、計画停電期間中のGridシステムの機器への給電は困難であると判明した。

それ以外にも、UPS1の著しい老朽化という問題がある。既に交換部品の生産が終了しているため、万が一、UPS1が部品故障により停止した場合、長期停止を余儀なくされるおそれもある。

### 4. 問題解決の方法

2021年度夏は、UPS1を経由した無停止稼働をせず、UPS1とUPS2からの2入力を得て、必要なタイミングで切替可能となるような給電経路を整備することを考えた。そのためには、UPS1からの給電経路の途中にUPS2からの出力の一部を入力し、それらを切り替えられるような装置を設置し、接続する必要がある。

図4に整備前のGridシステムの機器への給電経路を、図5に整備前の機器と配線の状況を示す。S-6サブ変電所のUPS向けに供給を行う変圧器から、UPS1用MCCBを経て、UPS室内のUPS1本体と出力分岐盤を通り、計算機北棟の第一マシン室の給電対象”UPS1分電盤B-1”へと向かっていることを確認した。

図6にUPS1とUPS2からの2入力を計算機北棟のUPS室分電盤で切替可能な案1を示す。UPS室と第五マシン室は同じ建屋内の変電室を挟んだ位置にあって近く、配線が容易なため、この案が最適である。しかし、調査の結果、UPS室出力分岐盤内に必要となるブレーカーを増設するスペースがなく、実現できないことが分かった。図7にUPS1とUPS2からの2入力を計算機北棟の第一マシン室にある”UPS1分電盤B-1”で切替可能とする案2を示す。これは、案1で示しているUPS2からの出力先を計算機北棟の第一マシン室の給電対象の分電盤に変更したものである。その中のブレーカーの電流容量は150[A]で、”UPS2出力分岐盤”に同じ容量のブレーカーが取付可能であることを確認できたため、案2を採用することになった。

### 5. 機器取付と電源ケーブル配線

図8に今回の給電経路整備で行った機器の取付と電源ケーブルの配線の状況を示す。4章で述べた整備案を実現させるため、まず、第一マシン室の”UPS1分電盤B-1”に2入力1出力の入力切替器を、第五マシン室の”UPS2出力分岐盤”に150[A]のブレーカーをそれぞれ設置する。次に、その二点間に電源ケーブルを敷設し、電源ケーブルの両端を接続する作業が必要となった。これらの作業のうち、”UPS2出力分岐盤”内の150[A]ブレーカー増設と電源ケーブル接続作業、盤面への計器・ランプの取付加工をUPS業者へ、その他の作業は電気工事業者へ委託して、作業

が進められた。電源ケーブルは基本的に天井配線でマシン室内ではフリーアクセス下の配線も許容した。それぞれの作業の進捗状況については、次章で詳しく述べる。

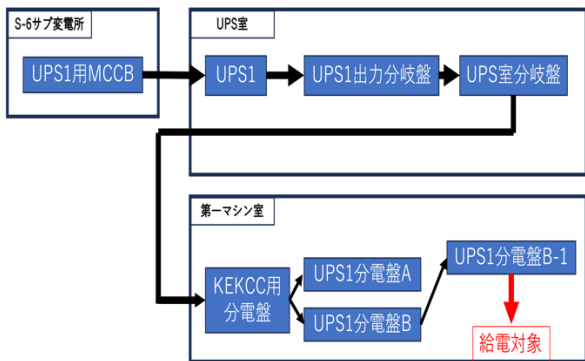


図4. 整備前の Grid システムの機器への給電経路

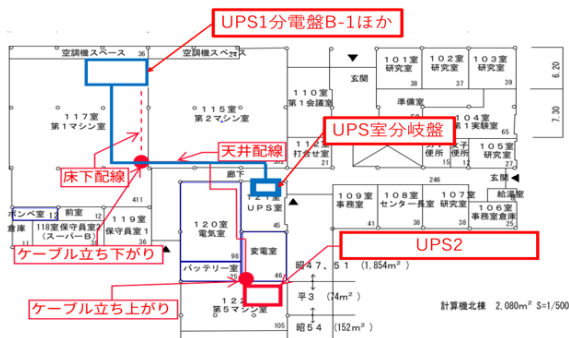


図5. 整備前の機器と配線の状況

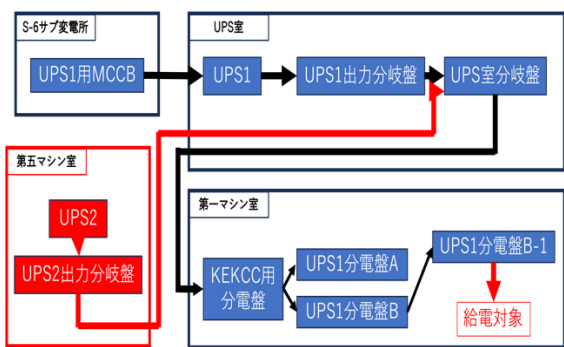


図6. UPS 室分電盤で切替可能とする給電経路整備の案1

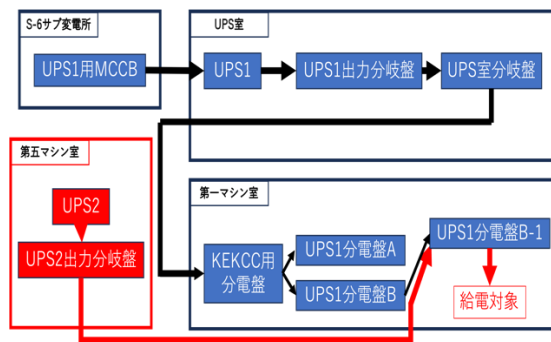


図7. 給電対象の分電盤で切替可能とする給電経路整備の案2

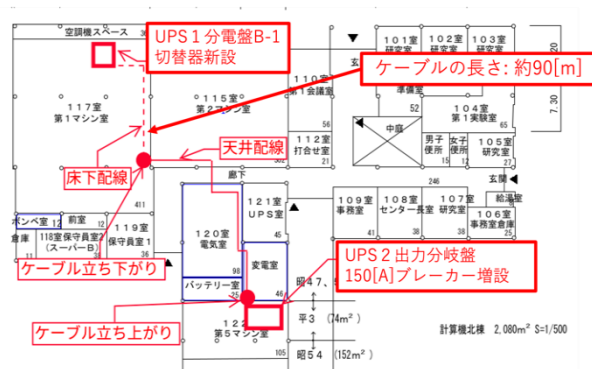


図8. 機器取付と電源ケーブル配線状況

## 6. 整備計画と実際の進捗状況

2021年6月~10月にかけて、4章で述べた給電経路整備案の検討を進めた。その結果、2022年度の計画停電時に Grid サービスの無停止運用を行わずに、給電経路整備作業を実施し、2023年度の計画停電から Grid サービスの無停止運用を行う計画で進めることになった。これを受け、Grid の担当者から Grid サービスの関係者に対して、2021年度と2022年度の計画停電期間中の Grid サービスの無停止運用を実施しない旨事前に周知がなされた。

表1に本整備の進捗状況を示す。2021年3月までの作業は順調に進んでいたが、2022年度の計画停電時に予定していた残りの作業、”UPS2 出力分岐盤”内のブレーカー増設と接続作業が、部品の納期遅延により、2023年度の計画停電時に後ろ倒しとなった。

2023年度に持ち越された作業は概ね滞りなく進められたが、配線済みの電源ケーブルが折り曲げ加工しにくいものであったため、UPS メーカーが予備で持っていた端子台と折り曲げ加工が容易な電源ケーブル（電流容量は既設のケーブルと同等）を經由してブレーカーへ接続された。作業終了後に、第五マシン室の”UPS2 出力分岐盤”に増設されたブレーカーの、新たに敷設した電源ケーブルの接続点（二次側）から、第一マシン室”UPS1 分電盤 B-1”の入力切替器の入力側の間で通電に問題がないことを確認した。その後、UPS1 分電盤 B-1 の入力切替器の入力を UPS1 か

表 1. 実際の給電経路整備の作業内容

年月	できごと
2020年9月	中央計算機システムの新システムが運用開始
2021年4-10月	仮設給電の方針の検討と給電経路整備の設計
2022年3月	以下の作業を実施 ● 第一マシン室分電盤” UPS1 分電盤 B-1” への入力切替器取付と電源ケーブル接続 ● 第一マシン室分電盤” UPS1 分電盤 B-1” から第五マシン室 UPS2 出力分岐盤内への電源ケーブル敷設
2022年度夏	第一マシン室の分電盤” UPS1 分電盤 B-1” 内の配線変更作業実施
2023年度夏	以下の作業を実施して給電経路整備作業完了 ● 第五マシン室” UPS2 出力分岐盤” へのブレーカー1台の増設 ● UPS2 本体からの内部接続及び既設電源ケーブルの接続 ● ” UPS2 出力分岐盤” の盤面加工

ら UPS2 に切り替えたことにより、給電経路整備が完了した。

計画停電期間中の Grid サービスの無停止運用の再開が 2023 年度から 2024 年度へ 1 年後ろ倒しになる旨も、Grid 担当者が関係者へ事前に周知したことにより、大きなトラブルはなかった。

## 7. 整備完了前後の UPS2 稼働状況

2023 年度の計画停電前後の、UPS2 の稼働状況の変化を図 9 (入力電流) と図 10 (出力電力) に示す。赤四角内で途切れているのは、計画停電期間中に UPS2 の運転が停止しているためである。給電経路整備後、入力電流は 60[A]から 100[A]に、出力電力は整備前の 1.5 倍に増えて推移していることが確認できる。” UPS1 分電盤 B-1” 配下の機器への給電が行われていることを表している。

その後は問題なく UPS2 経由での給電が継続している。これにより、今後は KEKCC の更新時に設置場所が変わっても、UPS2 経由での給電により、計画停電時において Grid サービスが無停止で運用可能になった。



図 9. 給電経路整備前後の入力電流の変化



図 10. 給電経路整備前後の出力電力の変化

## 8. おわりに

この章では、この一連の整備を通して感じたことを述べる。給電経路整備を企画した頃は COVID-19 感染流行が拡大した時期で、その影響により部品調達に難航して、ブレーカーやそれ以外の電気用品の納期が間に合うか心配された。施設部の協力によって在庫僅かな状況下でブレーカーを入手できたことは感謝に絶えないことである。また、UPS メーカーに UPS2 周辺盤の作業を委託することに限定し、電気工業者にそれ以外の作業を委託することにした。これにより、かなり安く抑えることができた。関係者との連絡調整に手間こそ要したものの、その意味は非常に大きかったと感じている。このほか、UPS メーカー以外の業者に周辺盤内の作業を委託した場合にメーカー保証の対象外となって万一のサポートを受けられないことを知り、慎重に進めることの大切さを学んだ。また、最新の計算機棟全体の電気配線の図面がなく現地調査をもとに電気工事を請け負ってもらえる業者を選定したり、整備作業終了後の通電試験時に業者持ち込みのテスター動作不良により私が持っていたクランプで対応したりして、何とか事無きを得た場面があった。

## 9. 謝辞

本給電経路整備のため、本整備作業に関する情報提供や作業に携わられたUPSメーカーの皆さまと電気工事業者の皆さま、助けてくださったKEK施設部の皆さま、本整備に理解を示してくださったGridサービスの関係者の皆さま、同じ施設担当としてサポートして頂いた松永浩之研究機関講師、Grid担当の中村智昭教授、KEKCC担当の村上晃一准教授、多くの面でご支援を頂いた計算科学センター長真鍋篤教授、本報告準備にお付き合い頂いた金子敏明名誉教授にこの場をお借りしてお礼申し上げます。

## 参考文献

- [1] <https://www.geant4.org>
- [2] [https://ccwww.kek.jp/kekccnl/CN\\_NEWS/NEWS\\_n253.html](https://ccwww.kek.jp/kekccnl/CN_NEWS/NEWS_n253.html)
- [3] “Activity Report 2021 Computing Research Center KEK”  
KEK Progress Report 2022-8 February 2023 D pp.104-105,  
<https://lib-extopc.kek.jp/preprints/PDF/2022/2223/2223008.pdf>