

加速器施設における耐放射線性 LED 照明の実証試験

DEMONSTRATION TEST OF RADIATION-RESISTANT LED LIGHTING
AT ACCELERATOR FACILITY

2018年 8月 10日 (金)
15:10~15:30
[ハイブ長岡 特別会議室2]


○上川将章 A), 白形政司 B), 米本和浩 A), 泉敬介 A)



○Masaaki Kamikawa #, A), Masashi Shirakata B), Kazuhiro Yonemoto A), Keisuke Izumi A)
A) KANDENKO CO., LTD B) KEK/J-PARC

弊社の紹介

(2018年3月末現在)

会社名	
会社設立	1944年9月1日
本社	〒108-8533 東京都港区芝浦四丁目8番33号
業種	建設業
従業員	7,104名(2018年3月末現在)
売上高	4,444億円 (資本金 約102億円)



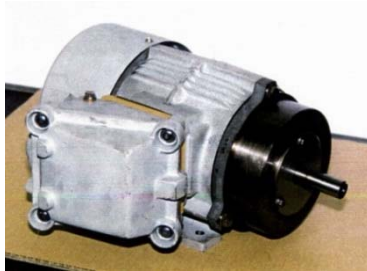
原子力発電所からコンセントまでの工事を行う総合設備工事企業。
電気設備だけでなく、情報通信設備・空調設備・土木設備工事。
海外事業、発電事業も行う。

はじめに

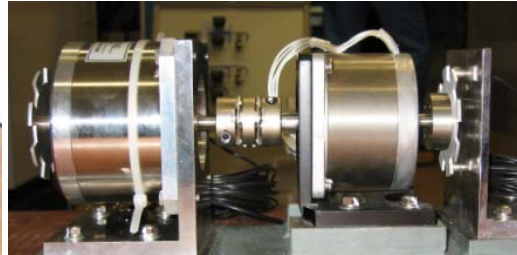
- 加速器施設・核融合施設・原子炉施設等は、高放射線環境下になるエリアを有する。
- このような高放射線環境下では、電気設備の多くは寿命が著しく短くなり、照明設備も例外ではない。近年、照明設備の主体となっているLED照明は、半導体機器であることから耐放射線性が低く、放射線環境下での利用事例はない。
- これらの環境下でも適応できる機器や材料の耐放射線性試験は、ガンマ線照射試験で評価することが一般的。
- 開発済みの耐放射線性LED器具を放射線複合環境であるJ-PARCMRTトンネルに設置し、2年を経過しようとしている。今回、その状況と経過について報告いたします。

弊社における放射線環境の研究開発

耐放射線性の研究開発



耐放射線性
誘導電動機



耐放射線性
ステッピングモータ
システム

QST高崎2セルで活用中



耐放射線性
照明(HID)



耐放射線性LED
照明器具



耐放射線性
アラミドロッド・シート



気密貫通工法

背景(炉心点検利用を考えた照明)

使用環境

- 暗闇環境
- 高放射線環境
- 高温環境
- 多湿環境

炉心を点検
する事が可能

このような**特殊環境下**で使用可能な照明器具の開発

一般的な機器の耐放射線性(例)

出典: JAEA-review2008-022より

一般的な機器類の耐放射線性 (市販品)

□ CCDカメラ	1.5～2k Gy以下
□ デジタルカメラ	0.3k Gy 以下
□ 光電式煙感知器	0.1～0.3k Gy 以下

人体被曝量の基準比較(参考)

	年間被曝量	5年間累計被曝量	備考
J-PARC※1	7msv/年	—	男性
(株)関電工※2	40msv/年	80msv/5年	男性
法律※3	50msv/年	100msv/5年	男性

※1: J-PARC 放射線安全資料より
 ※2: 社内規定集「放射線作業安全衛生基準」より
 ※3: 電離放射線障害防止規則(電離則)より

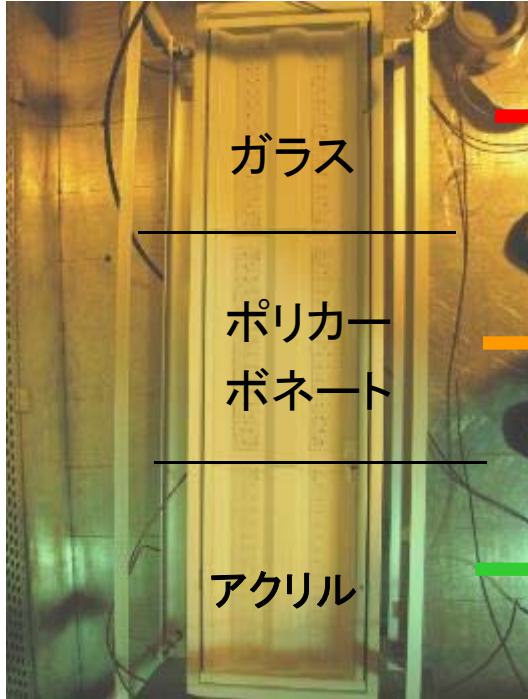
参考)

通常作業: 5年間で100ミリシーベルト、1年間で50ミリシーベルト(実効線量管理)
 (※電離放射線障害防止規則4条より) ※Sv(人体) ≒ Gy (物質) (吸収線量)

ガンマ線照射による劣化

出典: "Study of Radiation-resistant LED Lighting" JAEA Takasaki Annual Report 2012

カバー材料

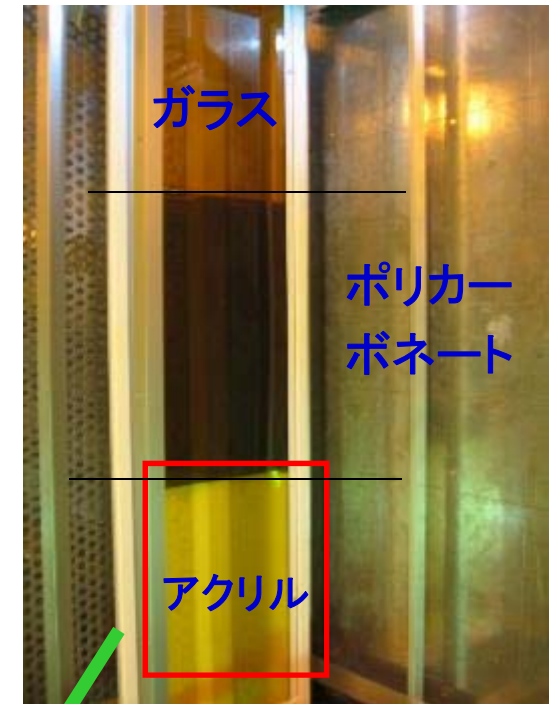


未照射



吸収線量: 8.22kGy
(2時間照射)

アクリル
強度・透過率が
低下



吸収線量: 1.3MGy



吸収線量: 5MGy

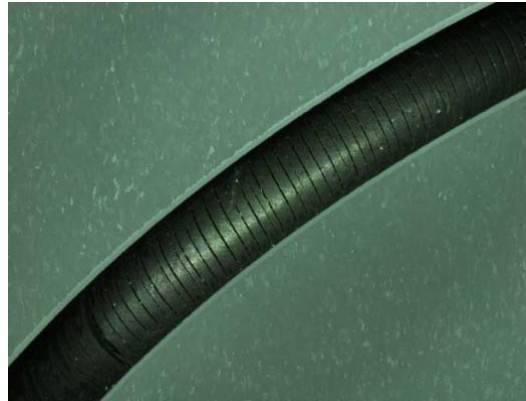
ガンマ線照射による劣化

出典：“Study of Radiation-resistant LED Lighting” JAEA Takasaki Annual Report 2012

ケーブル・電線・鉄



放射線により硬化した
VVFケーブル



放射線により劣化した電線
(デジタル顕微鏡で観察)



錆が発生した
鉄のボックス

□ケーブル・電線等の高分子材料は、**硬化・変色・亀裂**が発生。
□鉄は、急速に**赤さび**が発生。

耐放射線性LED照明

出典: "Improvement of Radiation-resistant LED Lighting" JAEA Takasaki Annual Report 2014



ガンマ線による
実証試験済み

コンバータ部
別配置型 (50m)

PSE

Table 1: Lighting specification

●	Luminous Flux	3,100lm (more than)
	Input Voltage	AC 100-242V
	Output Current	DC 300mA (Constant current)
	Output Power	40W
●	IP	IP65
●	SIZE (mm)	L300×W300×H80
	Weight (kg)	About 5kg
●	Cable	PEEK-SUS-2sq-a-3C
●	Others	Separated Converter

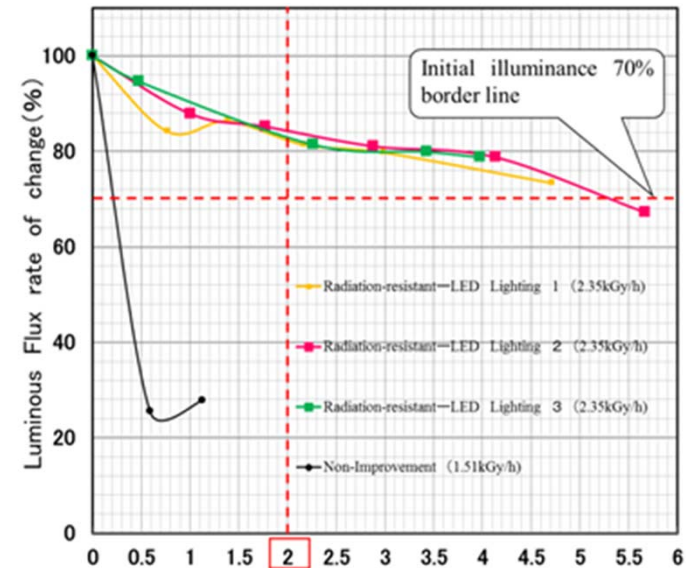


Figure 2: Luminous Flux change rate

2MGyの耐放射線性を有する
「耐放射線性LED照明」を開発している。

照明設備の市場動向

「水銀に関する水俣条約」の国内担保状況について

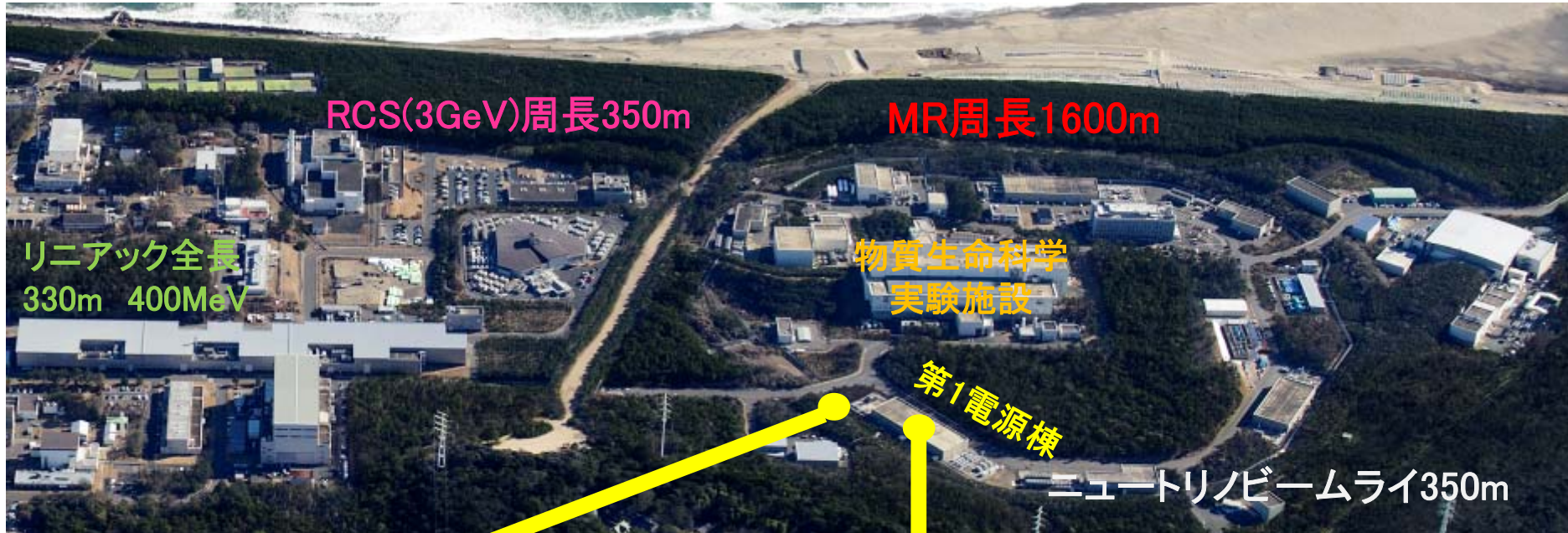
2016年「水銀に関する水俣条約」閣議決定。
照明設備： 高圧水銀ランプの製造・輸出・輸入 2021年以降禁止。



ナトリウムランプ、メタルハライドランプは継続して使用可能。
但し、製造コスト・環境配慮の観点から減産や中止が予想される。
蛍光灯型の器具：開発は中止、製造も中止になる。(ランプは継続)

実証試験について (J-PARC)

写真: J-PARCより提供



器具と測定機器類の平面配置図

制御室 19インチラック内



入力データの計測

電源品質アナライザ(制御室)



■ 非管理区域

■ 非管理雰囲気 第1種)

■ 第1種管理区域

※サブトンネル(ST)は
夏期メンテナンス時期のみ入域可



LED照明設置場所

光源部、線量計

コンバータ設置 PM、PC設置

出力データの計測、線量計(OSL)



直流回路計測状況

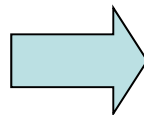
照度測定試験



ステンレス板に素子と照度計を型取り → 定点照度の変化を計測

初期照度からの変化率

照度変化



平均値

条件
常時点灯状態
(計画停電時は除く)

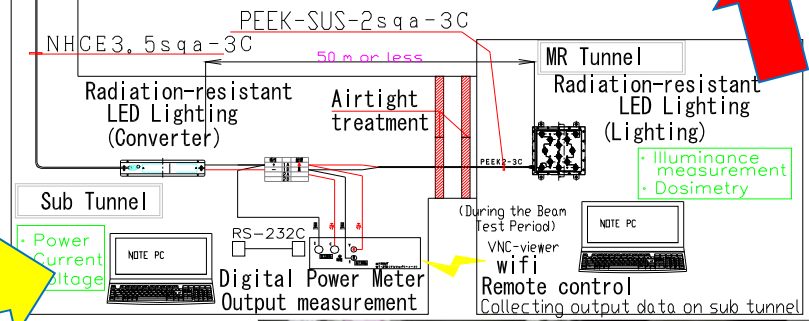
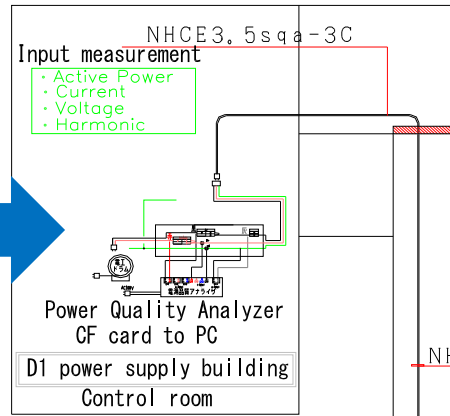
照度測定時注意

過剰な被曝を避けるため、ゲートバルブに近づかない。

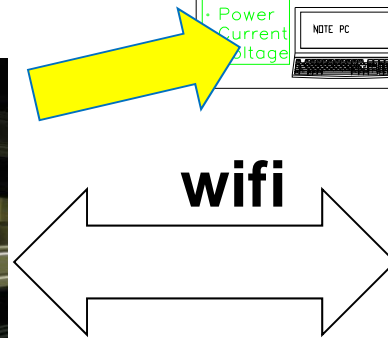
測定項目(入力データ・出力データ)



制御室内
入力データ



D1サブトンネル内
親機
出力データ



MRトンネル内(クランク)
VNC-viewerの遠隔操作

出力データの収集

- ・サブトンネルは、メンテナンス時期しか入域出来ない。
- ・MRトンネル入域可能時期にPCで遠隔操作

線量率の測定(光源部 / コンバータ部)

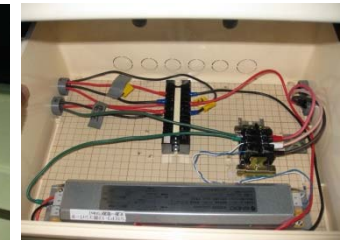
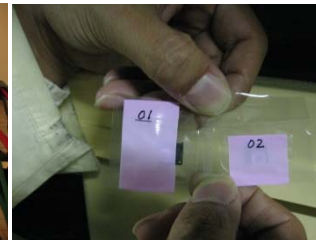
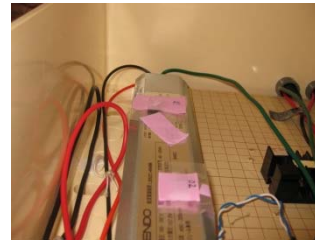
MR トンネル内 (第1種放射線管理区域)

耐放射線性LED照明器具の線量測定



線量測定:
 ガンマ線: OSL線量計
 中性子線: アルミ板(Na22を計測)

D1サブトンネル内(低線量区域)(第1種)



線量測定(2016年9月~2017年9月)
 ガンマ線: OSL線量計

測定項目一覧

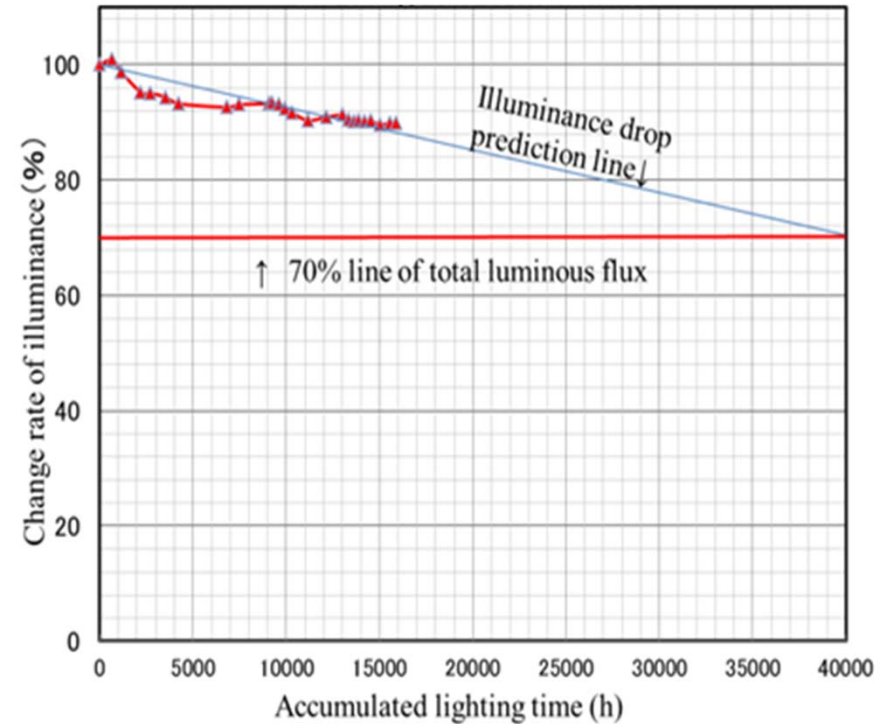
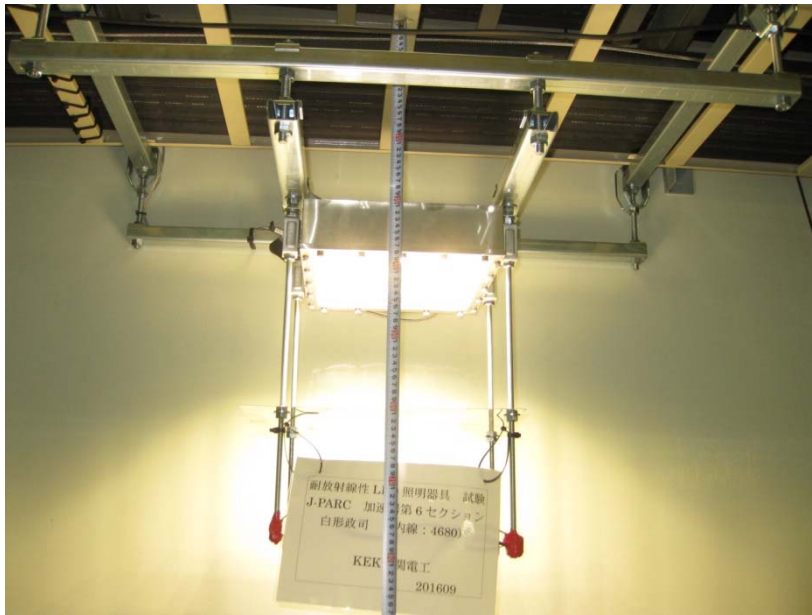
測定項目	測定方法	場所	データ収集	管理区域の入室の有無
照度測定	デジタル照度計 (JIS1級)	加速器トンネル	定点計測	○
出力電気特性 (直流データ)	デジタル パワーメータ	サービストンネル (非管理区域)	ログ計測 VNC(遠隔)	○ トンネルから遠隔
入力電気特性 (交流データ)	電源品質 アナライザ	D1棟 制御室	ログデータ 電流電圧高調波	不要
放射線測定 (光源部)	ガンマ線(OSL) 中性子線(アルミ)	MRトンネル 器具に設置	2週間毎	○
放射線測定 (コンバータ部)	ガンマ線(OSL)	D1サブトンネル (コンバータに設置)	1年間配置	○ 2016-2017年

ログ収集のため 1ヶ月に1回計測。

出力データは、VNC Viewerによる遠隔による操作

※1: J-PARC放射線安全管理部門が評価

経過報告（照度測定）



2016年9月14日設置時

経過状況

- ・2016年9月14日から連続点灯中（※計画停電等は除く）
- ・**15,900時間以上** 連続点灯中（2018年7月現在）
- ・照度変化初期照度比：**90%**（素子14箇所 直下の照度平均値）
- ・**一般環境での照度低下予想線とほぼ同等。**

照度低下の推移

経過状況（入力データ）

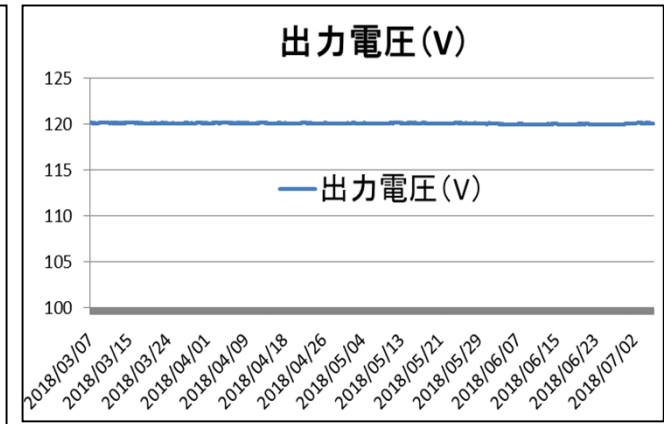
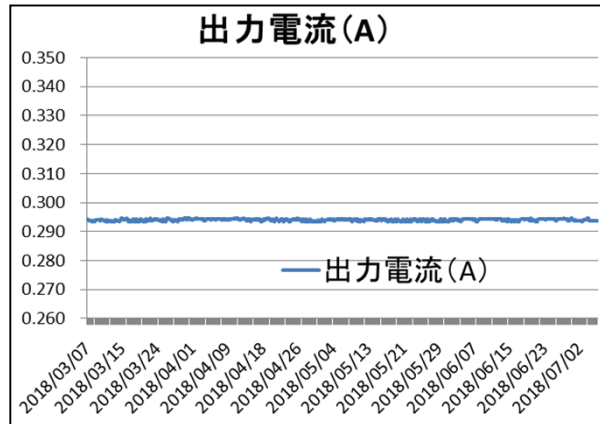
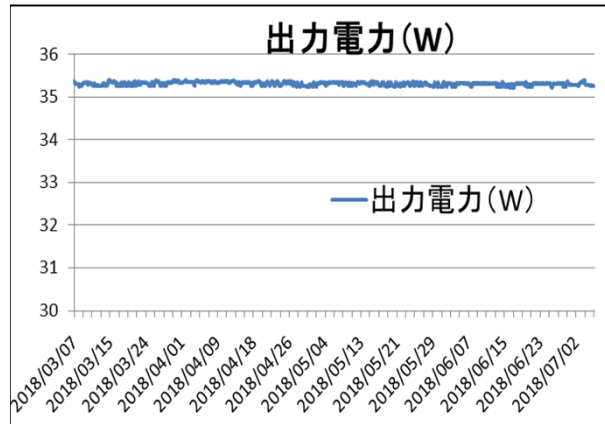


電源品質アナライザによる計測状況

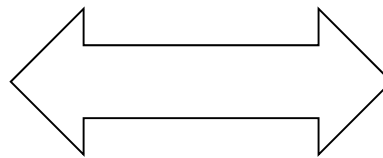
経過状況

- ・測定機器: Power Quality Analyzer (HIOKI 3196)
- ・入力データ(電力・電流・電圧)で大きな変化はなし。
- ・高調波電流も規定値内。(規定値の23%)
(※3次場合=0.294A以内 限度値=(力率×30%))

経過状況（出力データ）



wifi



経過状況（データは2018年3月7日～7月6日を抜粋）

- ・計測器：(DIGITAL POWER METER (WT-210 YOKOGAWA))
- ・INTERVAL: 30min。
- ・出力データに大きな変動は無く安定的だった。

まとめ

- ・ガンマ線・中性子線などが飛来する放射線複合環境エリアにおいても安定的に点灯中である。
- ・2016年9月から設置した器具の照度低下率は、初期照度比の90%である。(15900時間)
- ・放射線複合環境においても、一般環境の照度低下予想線とほぼ同等で推移中している。
- ・入力、出力電気特性データは大きな変動はない。
- ・サブトンネルの空間線量はバックグラウンドレベル。

今後

継続して、MRにおける実証試験を継続し、高光束を有する耐放射線性LED器具を開発し、水銀灯の代替照明として活用出来ればと考えている。

ご清聴ありがとうございました。

