

**島根原子力発電所 2号炉 重大事故等対処施設
審査会合における指摘事項への回答
所内常設直流電源設備（3系統目）**

**2023年4月27日
中国電力株式会社**

1. 審査会合における指摘事項

2. 指摘事項の回答

(参考1) 間欠負荷の容量評価

(参考2) 所内常設直流電源設備（3系統目）の容量根拠

(参考3) 3系統目から給電する計装設備

1. 審査会合における指摘事項

No.	項目	発生日	指摘事項	回答日
1	3系統目	審査会合 (第1116回) 2023年2月21日	HPACとRCICの使い方の違いと容量計算の導き方（負荷電流と運転時間）を説明すること。	本日回答 (P3～5)
2	3系統目		第57条第2項の要求を踏まえて計装設備（直流）への3系統目からの給電範囲が適正か説明すること。	本日回答 (P6～7)

2. 指摘事項の回答（1 / 5）

資料番号：資料3-3
57-7-17

（指摘事項 No. 1）

- HPACとRCICの使い方の違いと容量計算の導き方（負荷電流と運転時間）を説明すること。

（回答）HPACとRCICの使い方の違い

- 以下のとおり原子炉隔離時冷却系（RCIC）と高圧原子炉代替注水系（HPAC）の系統構成や制御方法等は若干相違するが、どちらも炉心の著しい損傷を防止する機能を有している。

表1 RCICとHPACの比較

	RCIC	HPAC
設備区分	設計基準事故対処設備	重大事故等対処設備
系統構成	<ul style="list-style-type: none"> 主蒸気管からの主蒸気を用いて駆動用蒸気タービンを回し、これを駆動源とした原子炉隔離時冷却ポンプにより、サプレッション・チェンバのプール水を給水系等を経由して原子炉圧力容器へ高圧注水する。 潤滑油系統（タービン直結主油ポンプ、潤滑油冷却器等）、冷却水系統及びグランド蒸気系統（真空ポンプ、復水ポンプ等）の補機類が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> 主蒸気管からの主蒸気を用いて駆動用蒸気タービンを回し、これを駆動源とした高圧原子炉代替注水ポンプにより、サプレッション・チェンバのプール水を給水系等を経由して原子炉圧力容器へ高圧注水する。 タービン及びポンプが1つのケーシングに収まる一体型ケーシング構造であり、軸受等の潤滑は、ケーシング内の水による水潤滑式であり潤滑油系統の補機類が不要。潤滑油系統がないため潤滑油冷却のための冷却水系統の補機類が不要。グランド蒸気の発生源であるタービングランド部がケーシングに内包されており、グランド蒸気が外部に漏れいしないため、これを処理する補機類が不要。
系統制御	制御器により、原子炉隔離時冷却系タービン蒸気加減弁を開度調整し、流量調整が可能。	機械式ガバナによる蒸気流量の自己制御に伴う定格流量運転のため、運転員によるRCIC HPACタービン蒸気入口弁の全開全閉操作で原子炉水位を手動で調整する。

➤ 原子炉隔離時冷却系（RCIC）と高圧原子炉代替注水系（HPAC）の通常待機時の概略系統を示す。

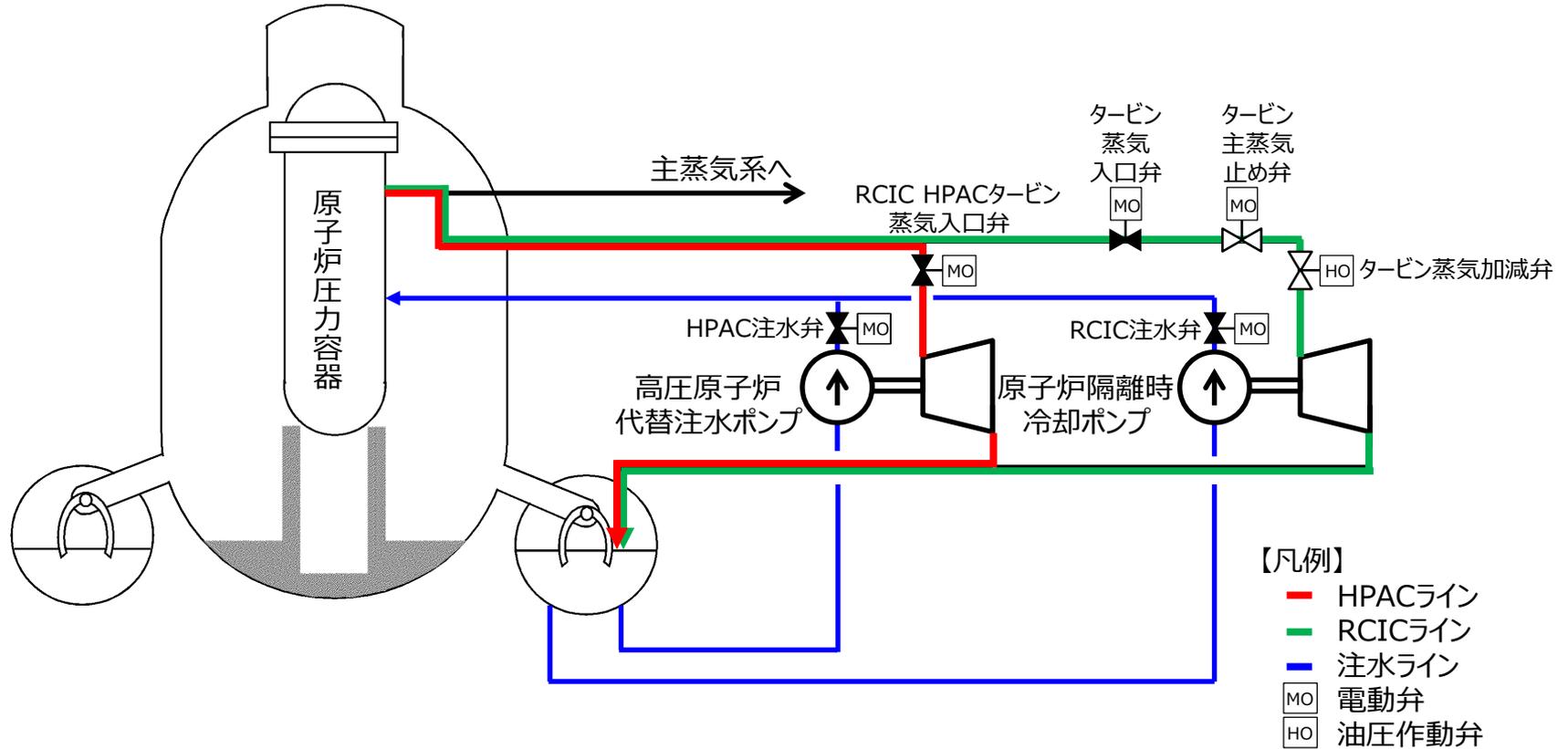


図1 RCIC及びHPAC 概略系統図

2. 指摘事項の回答 (3 / 5)

資料番号：資料3-3
57-6-2

(回答) HPACの容量計算の導き方 (負荷電流と運転時間)

- RCIC HPACタービン蒸気入口弁を約1時間おきに手動操作 (間欠運転) することで原子炉の水位を制御することを想定しており、電池工業会規格「据置蓄電池の容量算出法」SBA S 0601-2014に示す手法により間欠負荷を段別連続放電負荷として扱い、容量計算している。

表2 115V系蓄電池 (3系統目) 負荷

負荷名称		負荷電流 (A) と運転時間			備考
		0分～ 1分	1分～ 1,439分	1,439分～ 1,440分	
S A 設 備 負 荷	HPAC注水弁等	236	0	0	
	RCIC HPAC タービン蒸気入口弁※1	110	0.2	110	
	計装設備 (燃料プール水位・温度(SA))	12	12	12	B1-115V系蓄電池(SA) 枯渇の場合の計装設備を考 慮した容量
	SA対策設備用分電盤(2) (SRV用電源 切替盤, 重大事故操作盤, 計装設備等)	46.6	46.6	46.6	B-115V系蓄電池枯渇の場 合のSRV, 計装設備等も考 慮した容量
第3バッテリー操作盤※2		40	0	0	遮断器の遠隔操作を考慮し た容量
合計		444.6	58.8	168.6	

注※1: RCIC HPACタービン蒸気入口弁は約1時間の間欠運転を想定し、電池工業会規格「据置蓄電池の容量算出法」SBA S 0601-2014に示す手法により、電動弁の定格電流28Aが流れる弁動作時間を13秒、電動弁の起動電流110Aが流れる時間を1秒、弁の動作周期を1時間 (3,600秒) とした場合の間欠運転中の平均電流 I_m は以下のとおり0.2Aとなる。

$$I_m = (1秒 \times 110A + 13秒 \times 28A) \div 3,600秒 = 0.1316 \dots \approx 0.2A$$

※2: 115V系蓄電池 (3系統目) から直流電力を供給する場合、第3バッテリー格納槽等に設置している盤を現地操作とすると時間を要することから、既許可の常設代替直流電源設備であるSA用115V系蓄電池から給電するSA設備負荷に加えて、中央制御室から遠隔操作できる「第3バッテリー操作盤」を115V系蓄電池 (3系統目) 負荷として追加。

追加

2. 指摘事項の回答（4 / 5）

資料番号：資料3-3
57-7-20

（指摘事項 No. 2）

- 第57条第2項の要求を踏まえて計装設備（直流）への3系統目からの給電範囲が適正か説明すること。

（回答）

- 第57条第2項の要求のうち、「貯蔵槽内燃料体等の著しい損傷」防止のために必要な監視（燃料プール水位、温度）については、代替パラメータである「燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ・低レンジ）（SA）」又は「燃料プール監視カメラ（SA）」で対応可能と考えて3系統目の給電範囲に含めていなかったが、有効性評価の各シナリオで電源供給が必要な設備を再度確認した結果、「貯蔵槽内燃料体等の著しい損傷」防止のために燃料プールの水位・温度の直接監視が必要であると判断したことから、「燃料プール水位・温度（SA）」を3系統目からの給電対象に追加する。

【確認内容】

第57条第2項の要求である「炉心の著しい損傷」等防止のために有効性評価の各シナリオで電源供給が必要な計装設備が、3系統目からの給電対象に含まれているか。ただし、交流電源復旧後に必要とする計装設備、重大事故等発生初期のみに使用する計装設備及び同等な設備で「炉心の著しい損傷」等防止を図ることができる計装設備は給電対象外とする。

- 上記内容で確認した結果、表3に示すとおり、燃料プールの水位・温度が直接監視可能な「燃料プール水位・温度（SA）」を給電対象として追加する。

表3 3系統目からの給電対象（追加）

第57条第2項の要求	計装設備
貯蔵槽内燃料体等の著しい損傷防止	燃料プール水位・温度（SA）

2. 指摘事項の回答 (5 / 5)

➤ 3系統目から各計装設備への給電経路については以下のとおり。

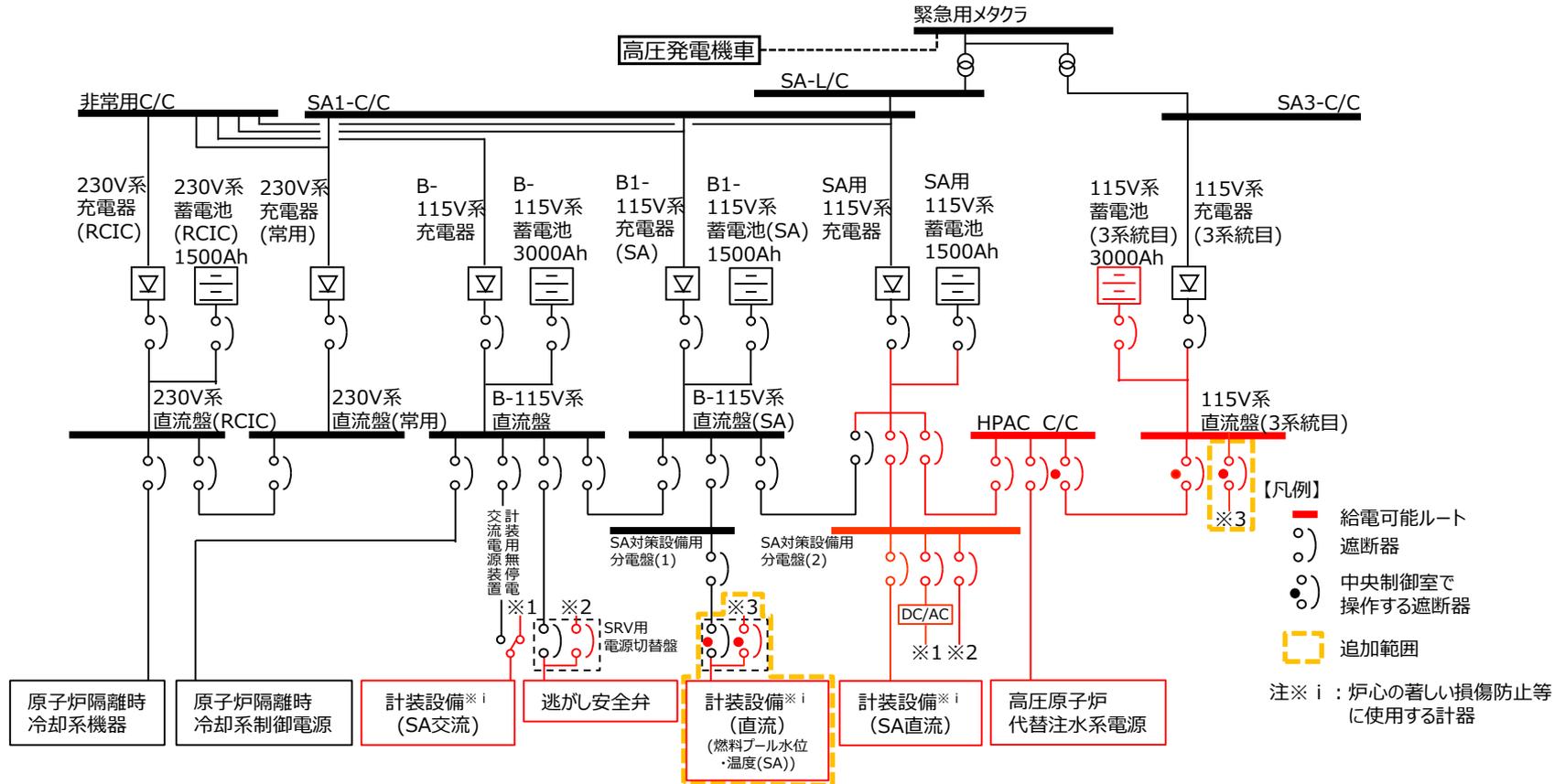


図2 所内常設直流電源設備 (3系統目) 概略系統図

○計装設備の3系統目受電切替判断と操作

・燃料プール水位・温度 (SA)

通常時はSA対策設備用分電盤 (1) より受電しているが、B1-115V系蓄電池(SA)機能喪失によるB1-115V系蓄電池(SA)電圧が低下した場合は、中央制御室から遠隔操作することにより、3系統目から受電する。

(参考1) 間欠負荷の容量評価

- RCIC HPACタービン蒸気入口弁を約1時間おきに手動操作（間欠運転）することで原子炉の水位を制御することを想定しており、電池工業会規格「据置蓄電池の容量算出法」SBA S 0601-2014に示す手法により間欠負荷を段別連続放電負荷として扱い、容量計算している。

間欠負荷の容量評価について

間欠負荷に必要な蓄電池容量は、2段の段別連続放電負荷、すなわち、始めは間欠放電の平均放電電流 I_m が連続して流れ、最後に間欠放電の放電が一回だけ起こるような負荷に必要な蓄電池の容量に等しいといえることができる。

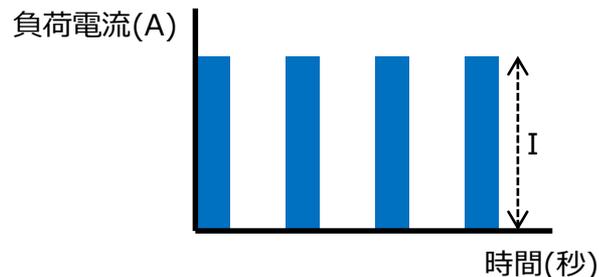


図3 間欠運転負荷

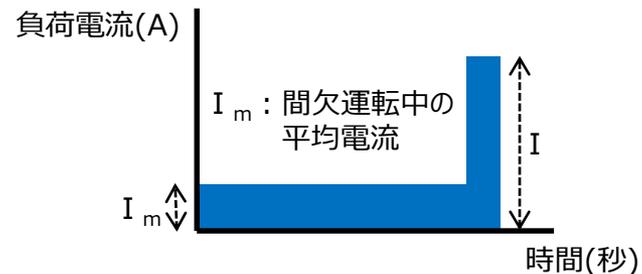


図4 段別連続放電負荷

- RCIC HPACタービン蒸気入口弁の動作時間（開閉時間）は14秒であり、電動弁の起動電流110Aが流れる時間を1秒、電動弁の定格電流28Aが流れる弁動作時間を13秒、弁の動作周期を1時間（3,600秒）とした場合の間欠運転中の平均電流 I_m は以下のとおり0.2Aとなる。

$$I_m = (1\text{秒} \times 110\text{A} + 13\text{秒} \times 28\text{A}) \div 3,600\text{秒} = 0.1316\cdots \div 0.2\text{A}$$

- 負荷容量計算においては、十分な蓄電池容量を確保するために、最初（0分～1分）と最後（1,439分～1,440分）の1分間に電動弁の起動電流110Aが流れることとして容量計算している。

表4 HPACタービン蒸気入口弁の負荷電流（A）と運転時間（分）

負荷名称	0分～1分	1分～1,439分	1,439分～1,440分
RCIC HPACタービン蒸気入口弁	110	0.2	110

(参考2) 所内常設直流電源設備 (3系統目) の容量根拠

資料番号：資料3-3
57-6-2,3

➤ 3系統目からの給電対象負荷として燃料プール水位・温度 (SA) を追加したことにより、全交流動力電源喪失 (SBO) 時に、115V系蓄電池 (3系統目) 容量約3,000Ahから24時間以上にわたり直流電力の供給ができることを確認した。

$$C = \frac{1}{L} [K_1 I_1 + K_2 (I_2 - I_1) + K_3 (I_3 - I_2)]$$

$$= \frac{1}{0.8} [24.90 \times 444.6 + 24.90 \times (58.8 - 444.6) + 0.91 \times (168.6 - 58.8)] = 1,956 \text{Ah}$$

表5 算出条件一覧

24時間(1,440分間)給電での必要容量 (Ah)	C	
保守率	L	0.8
容量換算時間 (時)	K ₁	24.90
	K ₂	24.90
	K ₃	0.91
負荷電流 (A)	I ₁	444.6
	I ₂	58.8
	I ₃	168.6

(参考文献：電池工業会規格「据置蓄電池の容量算出法」SBA S 0601-2014)

115V系蓄電池 (3系統目) の容量は、1,956Ahを上回る約3,000Ahを有するため、合計1,440分以上 (24時間以上)、重大事故等の対応に必要な設備に直流電力の供給を行うことが可能である。

(参考3) 3系統目から給電する計装設備

資料番号：資料3-3
57-7-21,22

- 3系統目からの給電について、第57条第2項の要求を踏まえた計装設備を以下に示す。

表6 3系統目から給電する計装設備

赤色着色部は今回追加の計装設備

第57条第2項の要求	計装設備
炉心の著しい損傷防止	原子炉圧力, 原子炉圧力 (SA), 原子炉水位 (広帯域), 原子炉水位 (燃料域), 原子炉水位 (SA), 高圧原子炉代替注水流量, 低圧原子炉代替注水流量, 低圧原子炉代替注水流量 (狭帯域用), 格納容器代替スプレイ流量, ドライウエル温度 (SA), サプレッション・プール水温度 (SA), ドライウエル圧力 (SA), サプレッション・チェンバ圧力 (SA), サプレッション・プール水位 (SA), 格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウエル), 格納容器雰囲気放射線モニタ (サプレッション・チェンバ), スクラバ容器水位, スクラバ容器圧力, 第1ベントフィルタ出口放射線モニタ (高レンジ・低レンジ), 残留熱除去系熱交換器入口温度, 低圧原子炉代替注水槽水位
原子炉格納容器の破損防止	原子炉圧力容器温度 (SA), 原子炉圧力, 原子炉圧力 (SA), 原子炉水位 (広帯域), 原子炉水位 (燃料域), 原子炉水位 (SA), 高圧原子炉代替注水流量, 格納容器代替スプレイ流量, ペDESTAL代替注水流量, ペDESTAL代替注水流量 (狭帯域用), ドライウエル温度 (SA), ペDESTAL温度 (SA), ペDESTAL水温度 (SA), サプレッション・プール水温度 (SA), ドライウエル圧力 (SA), サプレッション・チェンバ圧力 (SA), サプレッション・プール水位 (SA), ペDESTAL水位, 格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウエル), 格納容器雰囲気放射線モニタ (サプレッション・チェンバ), スクラバ容器水位, スクラバ容器圧力, 第1ベントフィルタ出口放射線モニタ (高レンジ・低レンジ), 低圧原子炉代替注水槽水位
貯蔵槽内燃料体等の著しい損傷防止	燃料プール水位・温度 (SA), 燃料プールエリア放射線モニタ (高レンジ・低レンジ) (SA), 燃料プール監視カメラ (SA)

補足説明資料「第57-7-3表 有効性評価の各シナリオで電源供給が必要な設備」から抽出。