

3 全交流動力電源喪失対策設備

◇ 直流電源設備の概要 他

適合のための基本方針

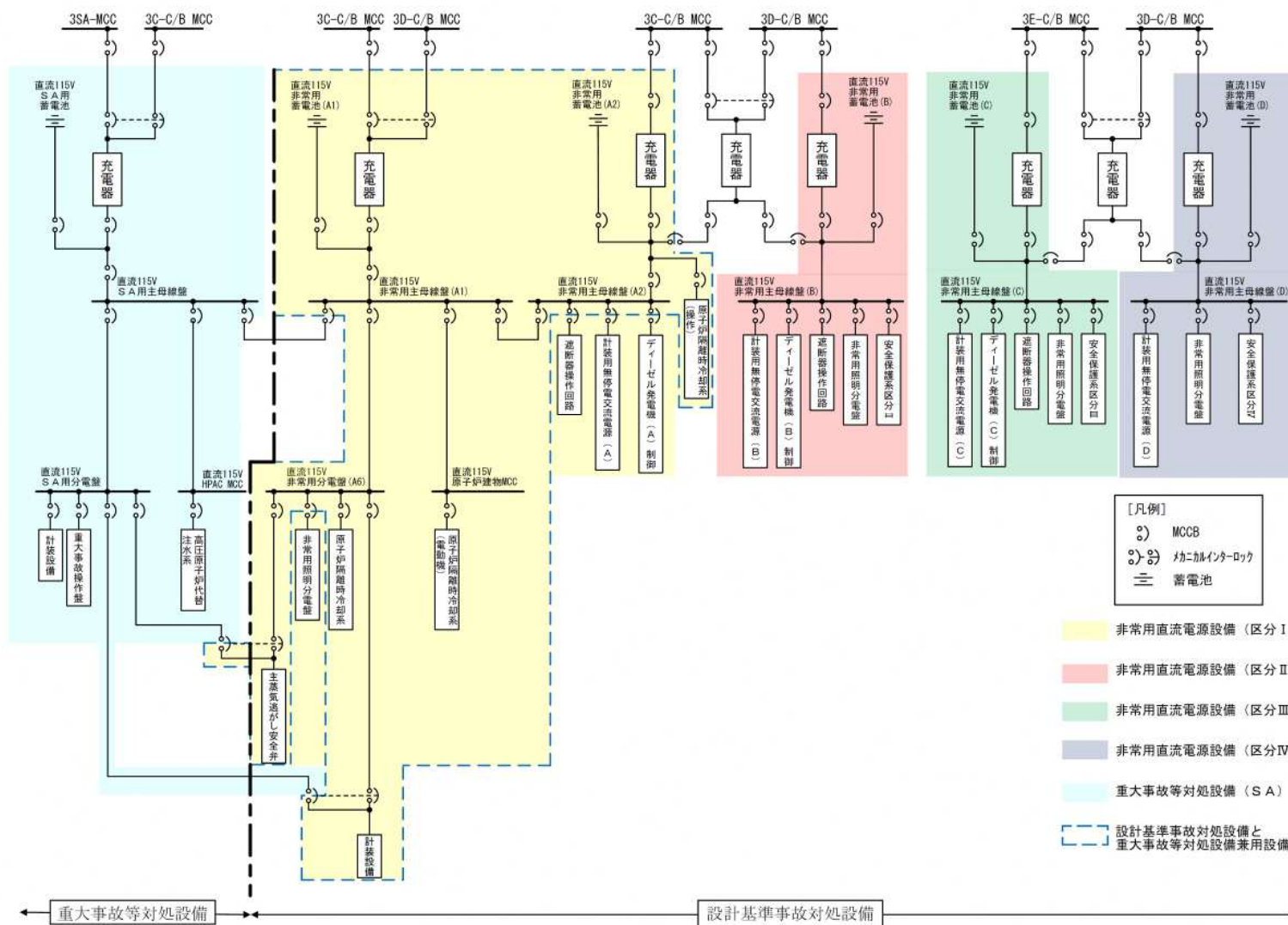
「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第十四条

設置許可基準	適合のための基本方針
＜第十四条＞ 発電用原子炉施設には、<u>全交流動力電源喪失時から重大事故等に対処するために必要な電力の供給が交流動力電源設備から開始されるまでの間</u>、発電用原子炉を安全に停止し、かつ、発電用原子炉の停止後に炉心を冷却するための設備が動作するとともに、原子炉格納容器の健全性を確保するための設備が動作することができるよう、これらの設備の動作に必要な容量を有する蓄電池その他の設計基準事故に対処するための電源設備（安全施設に属するものに限る。）を設けなければならない。 【解釈】 1 第14条について、全交流動力電源喪失（外部電源喪失及び非常用所内交流動力電源喪失の重畳）に備えて、非常用所内直流電源設備は、原子炉の安全停止、停止後の冷却及び原子炉格納容器の健全性の確保のために必要とする電気容量を一定時間（重大事故等に対処するための電源設備から電力が供給されるまでの間）確保できること。	＜第14条第1項への適合＞ （追加要求事項） 本発電所には全交流動力電源喪失時から重大事故等に対処するために<u>必要な電力の供給が常設代替交流電源設備から開始されるまでの約70分を包絡する約8時間に対し、原子炉を安全に停止し、かつ、原子炉の停止後に炉心を冷却するための設備が動作するとともに、原子炉格納容器の健全性を確保するための設備が動作に必要な設備として蓄電池（非常用）を以下のとおり設けている。</u> ・蓄電池（非常用） 種 類 : 鉛蓄電池（浮動充電方式） 組 数 : 直流115V系 4組 容 量 : <u>直流115V系 A系 約10,000Ah</u> <u>（蓄電池（A1）約6,000Ah）</u> <u>（蓄電池（A2）約4,000Ah）</u> <u>B系 約2,000Ah</u> <u>C系 約1,500Ah</u> <u>D系 約1,000Ah</u>

直流電源設備の概要(1/2)

柏崎6/7と同様の方針

- 非常用直流電源設備は4区分から構成され、1区分が故障しても原子炉の安全性を確保可能
- 各区分は多重性及び独立性を確保しており、共通要因により同時に機能喪失しない設計



直流電源設備の概要(2/2)

柏崎6/7と同様の方針

- 蓄電池（非常用）は、全交流動力電源喪失後、常設代替交流電源設備であるガスタービン発電機から重大事故等に対処するために必要な電力の供給が開始されるまでの約70分※を包絡する約8時間に対し、原子炉を安全に停止し、かつ、停止後の炉心を冷却するための設備が動作するとともに、格納容器の健全性を確保するための設備の動作に必要な容量を有する。

※：詳細は「島根原子力発電所3号炉「実用発電用原子炉にかかる発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止について必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準」への適合状況について」参照

用途 項目	設計基準事故対処設備 (参考) 重大事故等対処設備兼用	設計基準事故対処設備			(参考) 重大事故等対処設備
	直流115V非常用蓄電池 (A 1) , 直流115V非常用蓄電池 (A 2) (区分Ⅰ)	直流115V非常用 蓄電池 (B) (区分Ⅱ)	直流115V非常用 蓄電池 (C) (区分Ⅲ)	直流115V非常用 蓄電池 (D) (区分Ⅳ)	直流115V S A用 蓄電池
蓄電池 電圧 容量	115V 約6,000Ah (直流115V非常用蓄電池 (A 1) 用) 約4,000Ah (直流115V非常用蓄電池 (A 2) 用)	115V 約2,000Ah	115V 約1,500Ah	115V 約1,000Ah	115V 約3,000Ah
充電器 台数	1 (直流115V非常用蓄電池 (A 1) 用) 1 (直流115V非常用蓄電池 (A 2) 用)	1 (直流115V非常用 蓄電池 (B) 用)	1 (直流115V非常用 蓄電池 (C) 用)	1 (直流115V非常用 蓄電池 (D) 用)	1 (直流115V S A用蓄 電池用)
	1 (予備)		1 (予備)		
充電方式	浮動 (常時)				

<主な負荷>

- ・制御用負荷 (原子炉緊急停止系作動回路, 遮断器操作回路, 自動減圧系等)
- ・原子炉隔離時冷却系
- ・無停電交流電源

全交流動力電源喪失時の直流電源供給対象

柏崎6/7,女川2,島根2と同様の方針

- 全交流動力電源喪失時は、安全保護系及び原子炉緊急停止系の動作による原子炉の安全停止、原子炉隔離時冷却系による原子炉の冷却及び原子炉格納容器の健全性の確保に必要な設備（制御電源を含む）に電源供給が可能な設計とする。
- 上記に加えて、設計基準事故から重大事故等に連続的に移行する場合に使用する設備及び全交流動力電源喪失時に必要ないものの負荷切り離しまでは蓄電池に接続されている設備にも電源供給が可能な設計とする。
- 重大事故等対処設備として兼用する直流115V非常用蓄電池（A 1）、直流115V非常用蓄電池（A 2）は、全交流動力電源喪失時に組み合わせて使用する※ことで、原子炉隔離時冷却系による原子炉注水が8時間を超えて24時間まで使用可能な容量を有する設計とする。

※：全交流動力電源喪失後8時間経過した時点で、直流115V非常用蓄電池（A 1）の不要負荷を切り離し、13時間後に必要な負荷を直流115V非常用蓄電池（A 2）からの給電に切り替えることで、24時間給電が可能

- 全交流動力電源喪失時に蓄電池から電源供給を行う設備
 - 【設計基準事故対処設備】
 - 建設段階から直流電源を供給することとしていた設備
 - 設置許可基準規則の第3条から第36条において、追加要求事項があり、直流電源の供給を必要とする設備
 - 【重大事故等対処設備】
 - 有効性評価のうち全交流動力電源喪失を想定しているシナリオに用いる設備
 - 設置許可基準規則第37条から第62条において、重大事故等時における直流電源の供給を必要とする設備

全交流動力電源喪失時の電源供給方法

柏崎6/7,島根2と同様の方針

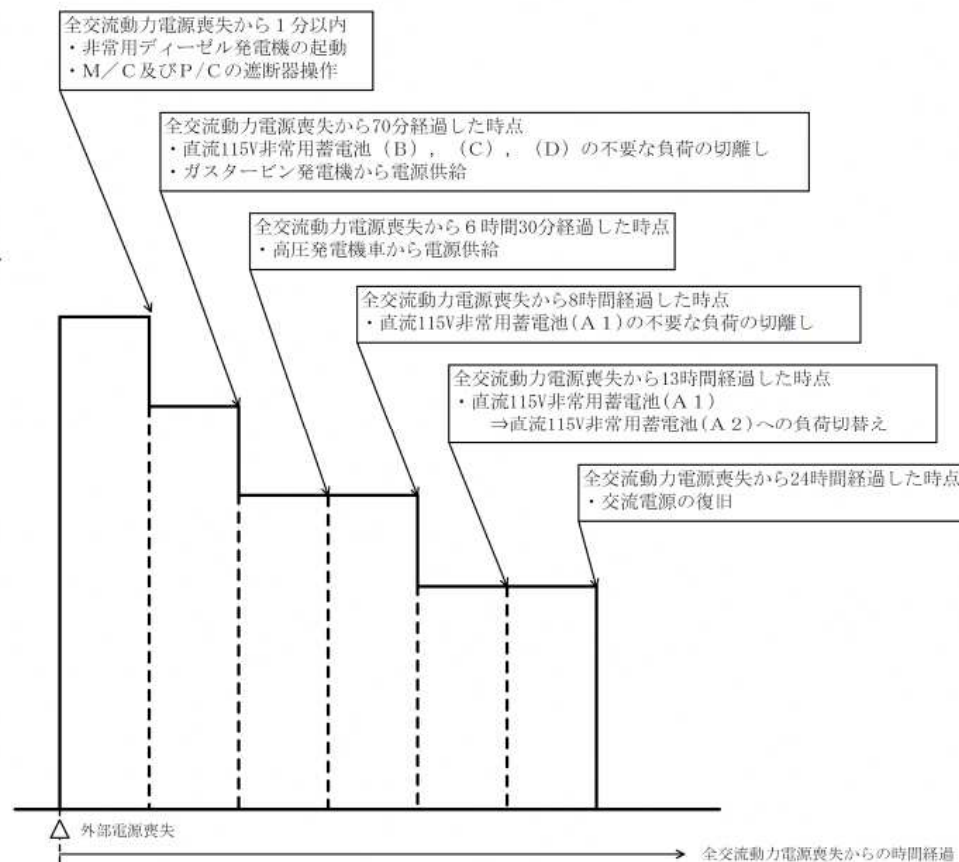
➤ 蓄電池（非常用）について以下のとおり運用する。

➤ 直流115V非常用蓄電池（A 1）及び直流115V非常用蓄電池（A 2）（区分Ⅰ）

全交流動力電源喪失から8時間後に不要な負荷切離しと、13時間後に原子炉隔離時冷却系を含めた一部の負荷を直流115V非常用蓄電池（A 2）に切替えを行う。その後、11時間にわたり使用する。

➤ 直流115V非常用蓄電池（B）（区分Ⅱ）
直流115V非常用蓄電池（C）（区分Ⅲ）
直流115V非常用蓄電池（D）（区分Ⅳ）

全交流動力電源喪失から70分後に不要な負荷の切離しを行う。その後、6時間50分にわたり使用する。



蓄電池（非常用）の設備操作の時系列

蓄電池（非常用）の容量について（1／8）

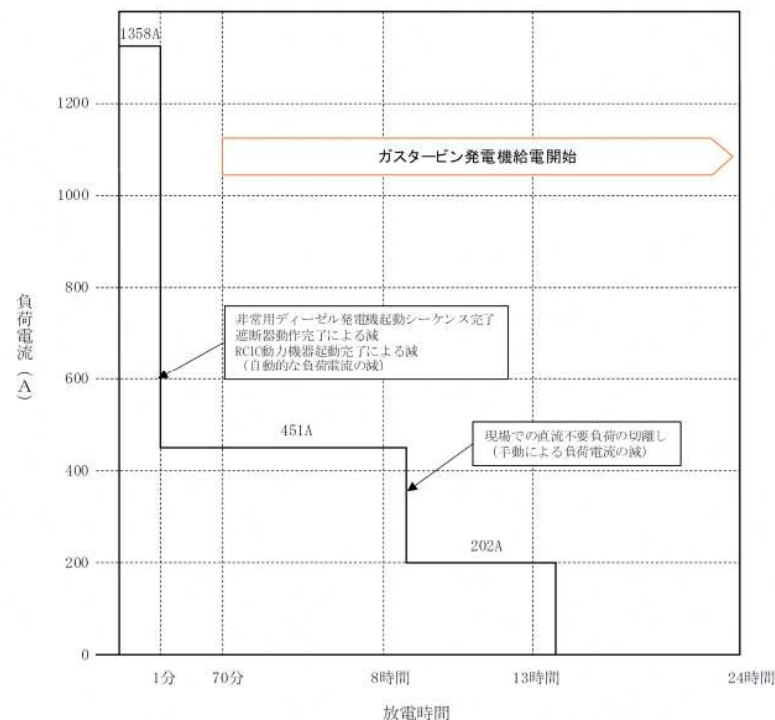
柏崎6/7,島根2と同様の方針

- 直流115V非常用蓄電池（A 1）及び直流115V非常用蓄電池（A 2）においては、重大事故等対処設備と兼用しており、全交流動力電源喪失時に組み合わせて使用する※ことで、24時間まで給電することを想定している。

※全交流動力電源喪失後8時間経過した時点で、直流115V非常用蓄電池（A 1）の不要負荷を切り離し、13時間後に必要な負荷を直流115V非常用蓄電池（A 2）からの給電に切り替えることで、24時間給電が可能

直流115V非常用蓄電池（A 1）の負荷一覧

負荷名称	0～1分	1分～ 8.5時間※2	8.5時間～ 13.5時間※3
M／C遮断器操作回路	140	0	0
P／C遮断器操作回路	56	0	0
非常用ディーゼル発電機 初期励磁※1	0(170)※1	0	0
R C I C 真空ポンプ	118	47	47
R C I C 復水ポンプ	150	50	50
R C I C 電動弁	540	0	0
非常用照明	18	18	8
計装用無停電交流 電源装置	122	122	0
直流115V非常用分電盤	214	214	97
合計（A）	1,358	451	202



直流115V非常用蓄電池（A 1）による給電パターン

※1：非常用ディーゼル発電機初期励磁電流はM／C及びP／C遮断器操作回路電流（遮断器投入・開放電流）と重なって操作されることはなく、各動作時間は1分未満である。また、非常用ディーゼル発電機初期励磁電流はM／C及びP／C制御電源電流より小さいため、電流値の大きいM／C及びP／C遮断器操作回路電流に1分間電源供給するものとして蓄電池容量を計算する。

※2：事象発生後8時間後から負荷切離しを実施するが、作業時間を考慮し8.5時間給電を継続するものとして容量を計算する。

※3：事象発生後13時間後から負荷切替作業を実施するが、作業時間を考慮し13.5時間電源給電を継続するものとして容量を計算する。

蓄電池（非常用）の容量について（2／8）

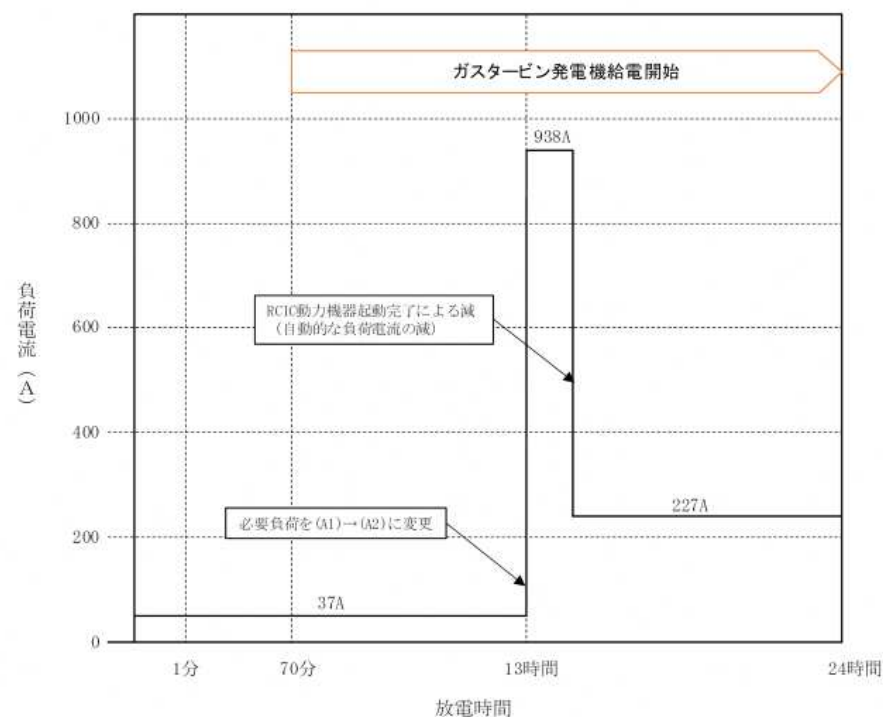
柏崎6/7,島根2と同様の方針

- 直流115V非常用蓄電池（A 1）及び直流115V非常用蓄電池（A 2）においては，重大事故等対処設備と兼用しており，全交流動力電源喪失時に組み合わせて使用する※ことで，24時間まで給電することを想定している。

※全交流動力電源喪失後8時間経過した時点で，直流115V非常用蓄電池（A 1）の不要負荷を切り離し，13時間後に必要な負荷を直流115V非常用蓄電池（A 2）からの給電に切り替えることで，24時間給電が可能

直流115V非常用蓄電池（A 2）の負荷一覧

負荷名称	0～13時間	13時間～ 13時間1分	13時間1分～ 24時間
R C I C 真空ポンプ	0	118	47
R C I C 復水ポンプ	0	150	50
R C I C 電動弁	0	540	0
R C I C 操作電源	37	37	37
非常用照明	0	8	8
直流115V非常用分電盤	0	85	85
合計（A）	37	938	227



直流115V非常用蓄電池（A 2）による給電パターン

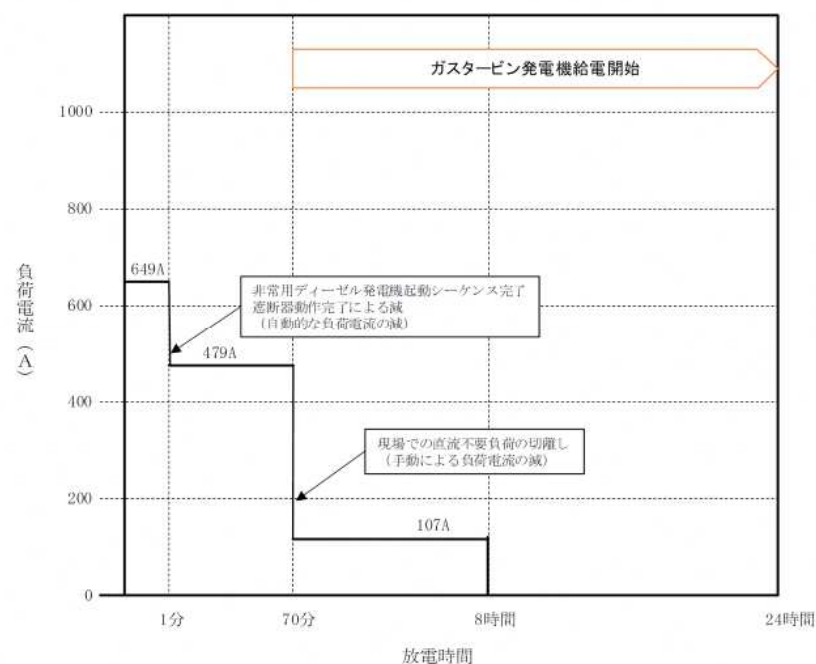
蓄電池（非常用）の容量について（3／8）

柏崎6/7,島根2と同様の方針

- 直流115V非常用蓄電池（B）は、全交流動力電源喪失後70分経過した時点で、不要負荷を切り離し、8時間まで給電することを想定している。

直流115V非常用蓄電池（B）の負荷一覧

負荷名称	0～1分	1～70分	70分～8時間
M／C遮断器操作回路※1	0(112)※1	0	0
P／C遮断器操作回路※1	0(42) ※1	0	0
非常用ディーゼル発電機 初期励磁	170	0	0
非常用照明	7	7	7
計装用無停電交流 電源装置	203	203	0
直流115V非常用分電盤	269	269	100
合計（A）	649	479	107



直流115V非常用蓄電池（B）による給電パターン

※1:M／C及びP／C遮断器操作回路電流（遮断器投入・開放電流）は非常用ディーゼル発電機初期励磁電流と重なって操作されることはなく、各動作時間は1分未満である。また、M／C及びP／C遮断器操作回路電流は非常用ディーゼル発電機初期励磁電流より小さいため、電流値の大きい非常用ディーゼル発電機初期励磁電流に1分間電源供給するものとして蓄電池容量を計算する。

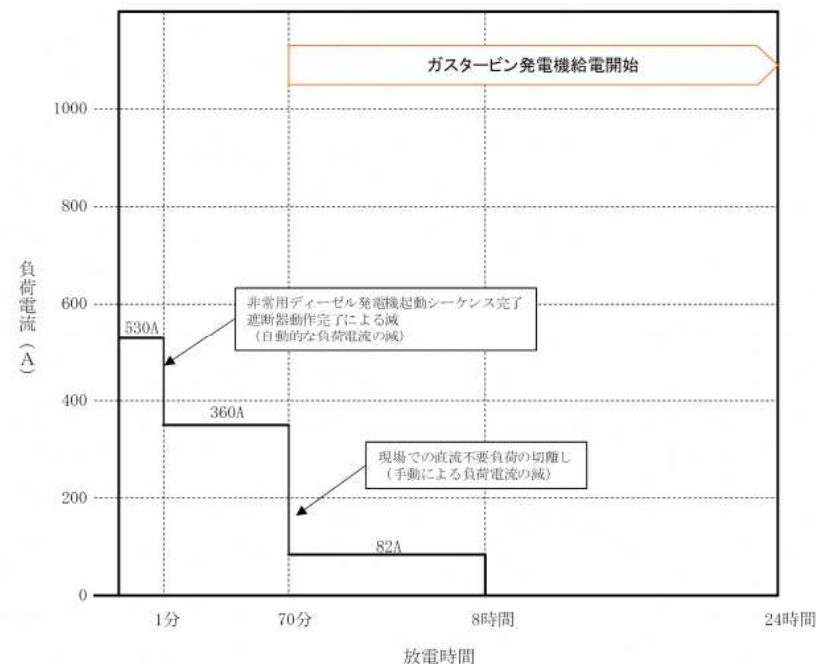
蓄電池（非常用）の容量について（4／8）

柏崎6/7と同様の方針

- 直流115V非常用蓄電池（C）は、全交流動力電源喪失後70分経過した時点で、不要負荷を切り離し、8時間まで給電することを想定している。

直流115V非常用蓄電池（C）の負荷一覧

負荷名称	0～1分	1～70分	70分～8時間
M／C遮断器操作回路※1	0(32)※1	0	0
P／C遮断器操作回路※1	0(11)※1	0	0
非常用ディーゼル発電機初期励磁	170	0	0
非常用照明	7	7	7
計装用無停電交流電源装置	203	203	0
直流115V非常用分電盤	150	150	75
合計（A）	530	360	82



直流115V非常用蓄電池（C）による給電パターン

※1：M／C及びP／C遮断器操作回路電流（遮断器投入・開放電流）は非常用ディーゼル発電機初期励磁電流と重なって操作されることはなく、各動作時間は1分未満である。また、M／C及びP／C遮断器操作回路電流は非常用ディーゼル発電機初期励磁電流より小さいため、電流値の大きい非常用ディーゼル発電機初期励磁電流に1分間電源供給するものとして蓄電池容量を計算する。

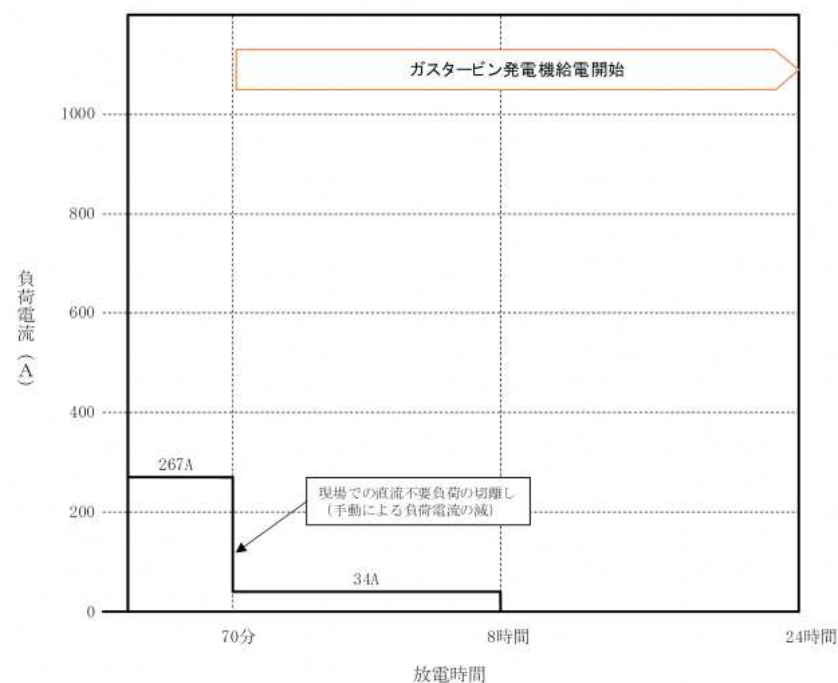
蓄電池（非常用）の容量について（5／8）

柏崎6/7と同様の方針

- 直流115V非常用蓄電池（D）は，全交流動力電源喪失後70分経過した時点で，不要負荷を切り離し，8時間まで給電することを想定している。

直流115V非常用蓄電池（D）の負荷一覧

負荷名称	0～70分	70分～8時間
非常用照明	4	4
計装用無停電交流電源装置	203	0
直流115V非常用分電盤	60	30
合計（A）	267	34



直流115V非常用蓄電池（D）による給電パターン

蓄電池（非常用）の容量について（6／8）

柏崎6/7,女川2,島根2と同様の方針

➤ 蓄電池の容量算出方法

蓄電池容量は電池工業会規格「据置蓄電池の容量算出法」（SBA S 0601-2014）に基づき算出している。

● 容量算出の一般式

$$C_n = [K_1 I_1 + K_2 (I_2 - I_1) + K_3 (I_3 - I_2) + \dots + K_n (I_n - I_{n-1})] / L$$

ここに

C_i : +10℃における定格放電率換算容量 (Ah)

L : 保守率 (0.8)

K_i : 放電時間 T_i , 蓄電池の最低温度及び放電終止電圧によって決められる容量換算時間 (時)

I_i : 放電電流 (A)

サフィックス $i=1, 2, 3, \dots, n$: 放電電流の変化の順に付番

C_i ($i=1, 2, 3, \dots, n$)で最大となる値が保守率を考慮した必要容量である。

➤ 直流115V非常用蓄電池（A 1）の容量算出

以下計算により、直流115V非常用蓄電池（A 1）の蓄電池容量は、6,000Ahで問題ない

① 1 分間供給で必要となる蓄電池容量

$$C_1 = \frac{1}{0.8} (0.91 \times 1,358) = 1,545 \text{ Ah} < 6,000 \text{ Ah}$$

② 8.5時間(510分)供給で必要となる蓄電池容量

$$C_2 = \frac{1}{0.8} [9.79 \times 1,358 + 9.78 \times (451 - 1,358)] \\ = 5,531 \text{ Ah} < 6,000 \text{ Ah}$$

③ 13.5時間(810分)供給で必要となる蓄電池容量

$$C_3 = \frac{1}{0.8} [14.35 \times 1,358 + 14.35 \times (451 - 1,358) + \\ 6.85 \times (202 - 451)] = 5,958 \text{ Ah} < 6,000 \text{ Ah}$$

直流115V非常用蓄電池（A 1） K値一覧

放電時間T (分)	容量換算時間K (時)
1	0.91
300	6.85
509	9.78
510	9.79
809	14.35
810	14.35

蓄電池（非常用）の容量について（7／8）

柏崎6/7,女川2,島根2と同様の方針

➤ 直流115V非常用蓄電池（A 2）の容量算出

以下計算により、直流115V非常用蓄電池（A 2）の蓄電池容量は、4,000Ahで問題ない

① 13時間(780分)供給で必要となる蓄電池容量

$$C_1 = \frac{1}{0.8} [13.85 \times 37 + 0.91 \times (938 - 37)]$$

$$= 1,666 \text{Ah} < 4,000 \text{Ah}$$

② 24時間(1440分)供給で必要となる蓄電池容量

$$C_2 = \frac{1}{0.8} [24.85 \times 37 + 11.85 \times (938 - 37) +$$

$$11.85 \times (227 - 938)] = 3,964 \text{h} < 4,000 \text{Ah}$$

直流115V非常用蓄電池（A 2） K値一覧

放電時間T（分）	容量換算時間K（時）
1	0.91
659	11.85
660	11.85
780	13.85
1440	24.85

➤ 直流115V非常用蓄電池（B）の容量算出

以下計算により、直流115V非常用蓄電池（B）の蓄電池容量は、2,000Ahで問題ない

① 1 分間供給で必要となる蓄電池容量

$$C_1 = \frac{1}{0.8} (0.56 \times 649) = 455 \text{Ah} < 2,000 \text{Ah}$$

② 70分間供給で必要となる蓄電池容量

$$C_2 = \frac{1}{0.8} [2.05 \times 649 + 2.03 \times (479 - 649)]$$

$$= 1,232 \text{Ah} < 2,000 \text{Ah}$$

③ 8 時間(480分)供給で必要となる蓄電池容量

$$C_3 = \frac{1}{0.8} [8.41 \times 649 + 8.41 \times (479 - 649) +$$

$$7.49 \times (107 - 479)] = 1,553 \text{Ah} < 2,000 \text{Ah}$$

直流115V非常用蓄電池（B） K値一覧

放電時間T（分）	容量換算時間K（時）
1	0.56
69	2.03
70	2.05
410	7.49
479	8.41
480	8.41

蓄電池（非常用）の容量について（8／8）

柏崎6/7,女川2,島根2と同様の方針

➤ 直流115V非常用蓄電池（C）の容量算出

以下計算により、直流115V非常用蓄電池（C）の蓄電池容量は、1,500Ahで問題ない

① 1分間供給で必要となる蓄電池容量

$$C_1 = \frac{1}{0.8}(0.56 \times 530) = 371\text{Ah} < 1,500\text{Ah}$$

② 70分間供給で必要となる蓄電池容量

$$C_2 = \frac{1}{0.8}[2.05 \times 530 + 2.03 \times (360 - 530)] \\ = 927\text{Ah} < 1,500\text{Ah}$$

③ 8時間(480分)供給で必要となる蓄電池容量

$$C_3 = \frac{1}{0.8}[8.41 \times 530 + 8.41 \times (360 - 530) + \\ 7.49 \times (82 - 360)] = 1,182\text{Ah} < 1,500\text{Ah}$$

直流115V非常用蓄電池（C） K値一覧

放電時間T（分）	容量換算時間K（時）
1	0.56
69	2.03
70	2.05
410	7.49
479	8.41
480	8.41

➤ 直流115V非常用蓄電池（D）の容量算出

以下計算により、直流115V非常用蓄電池（D）の蓄電池容量は、1,000Ahで問題ない

① 70分間供給で必要となる蓄電池容量

$$C_1 = \frac{1}{0.8}(2.05 \times 267) = 685\text{Ah} < 1,000\text{Ah}$$

② 8時間(480分)供給で必要となる蓄電池容量

$$C_2 = \frac{1}{0.8}[8.41 \times 267 + 7.49 \times (34 - 267)] \\ = 626\text{Ah} < 1,000\text{Ah}$$

直流115V非常用蓄電池（D） K値一覧

放電時間T（分）	容量換算時間K（時）
1	0.56
69	2.03
70	2.05
410	7.49
479	8.41
480	8.41

代替交流電源設備を考慮した蓄電池（非常用）の給電時間

柏崎6/7,女川2,島根2と同様の方針

- 全交流動力電源喪失から重大事故等に対処するために必要な電力の供給が開始する時間として、常設代替交流電源設備及び可搬型代替交流電源設備からの給電を考慮し、蓄電池（非常用）の容量として8時間を見込む。

※詳細は「島根原子力発電所3号炉「実用発電用原子炉にかかる発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止について必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準」への適合状況について」参照

			経過時間（分）								備考
			60	120	180	240	300	360	420	480	
蓄電池による電源供給可能時間			70				290				
(1)全交流動力電源喪失時から重大事故等に対処するために必要な電力の供給が交流動力電源設備から開始されるまでの間（常設代替交流電源設備（ガスタービン発電機）による電源供給）	所要時間目安※1	想定時間※2									
	54分	70分									
(2)号炉間電力融通ケーブル（常設）による電力融通	189分	220分									
(3)高圧発電機車による電源供給	242分	320分									

※1 訓練実績，模擬操作，類似設備による検証等を踏まえた，当該手順の実施に必要な時間の目安。保守性を確保するため，実際に必要な時間に対して余裕を持たせている

※2 「所要時間目安」にさらに余裕を持たせた時間