

女川原子力発電所2号炉 全交流動力電源喪失対策設備について

平成30年3月29日
東北電力株式会社

目次

1. 適合のための基本方針
2. 直流電源設備の概要
3. 全交流動力電源喪失時の直流電源供給対象
4. 全交流動力電源喪失時の電源供給方法
5. 蓄電池(非常用)の容量

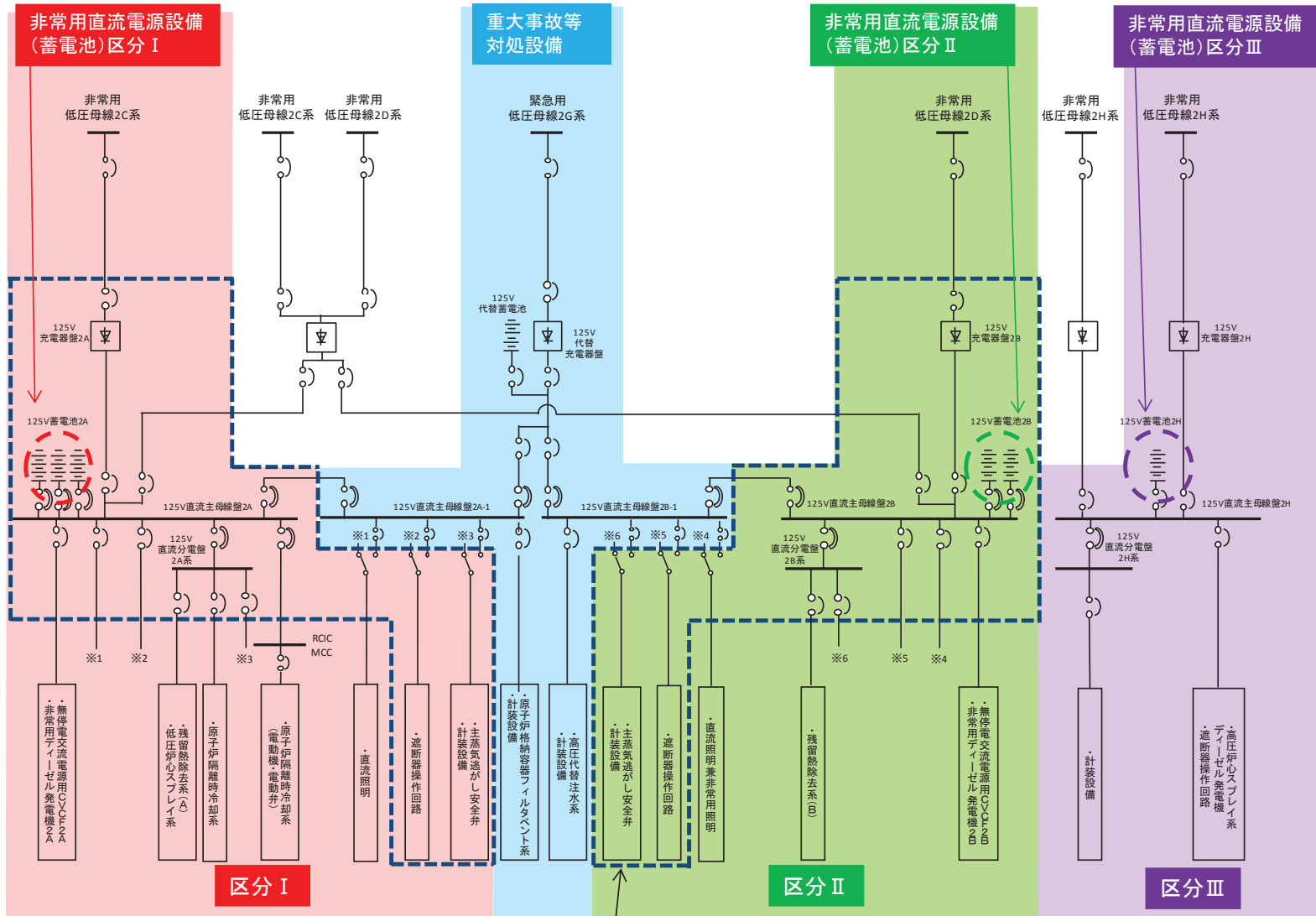
1. 適合のための基本方針

「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 （「実用発電用原子炉及び附属施設の技術基準に関する規則」第十六条）

| 設置許可基準 | 適合のための基本方針 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------------|--------------|--|----|-----|---|------------|---|----|-----|------------|--|------------|------------|--|--|-------------|
| <p>発電用原子炉施設には、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、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。</p> <p>【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。</p> | <p>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15分を包絡した約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の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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・蓄電池（非常用） <table border="0"> <tr> <td>種類</td> <td>鉛蓄電池（浮動充電方式）</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">組数</td> <td>所内用</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>高圧炉心スプレイ系用</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">容量</td> <td>所内用</td> <td>A系 8,000Ah</td> </tr> <tr> <td></td> <td>B系 6,000Ah</td> </tr> <tr> <td>高圧炉心スプレイ系用</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>HPCS系 400Ah</td> </tr> </table> | 種類 | 鉛蓄電池（浮動充電方式） | | 組数 | 所内用 | 2 | 高圧炉心スプレイ系用 | 1 | 容量 | 所内用 | A系 8,000Ah | | B系 6,000Ah | 高圧炉心スプレイ系用 | | | HPCS系 400Ah |
| 種類 | 鉛蓄電池（浮動充電方式） | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 組数 | 所内用 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 高圧炉心スプレイ系用 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 容量 | 所内用 | A系 8,000Ah | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | B系 6,000Ah | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 高圧炉心スプレイ系用 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | HPCS系 400Ah | | | | | | | | | | | | | | | | |

2. 直流電源設備の概要(1/2)

○ 非常用直流電源設備は3系統を有し、いずれの1系統が故障しても残りの2系統で原子炉の安全を確保できる。



設計基準事故対処設備

設計基準事故対処設備と
重大事故等対処設備を兼用している設備

設計基準事故対処設備

- 【凡例】
- ⊗ : 低圧遮断器
 - ⊙ : 配線用遮断器

2. 直流電源設備の概要(2/2)

○ 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15分*を包絡した約8時間、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の動作に必要な容量を有する。

* :詳細は、「女川原子力発電所2号炉」実用発電用原子炉に係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

| 項目 | 用途 | 設計基準事故対処設備 兼 重大事故等対処設備 | | 設計基準事故対処設備 | (参考)重大事故等対処設備 |
|-----------------|----|--------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| | | 125V蓄電池2A (区分Ⅰ) | 125V蓄電池2B (区分Ⅱ) | 125V蓄電池2H (区分Ⅲ) | 125V代替蓄電池 |
| 蓄電池 電圧 容量 | | 125V 8,000Ah | 125V 6,000Ah | 125V 400Ah | 125V 2,000Ah |
| 充電器 台数 | | 1(125V蓄電池2A用) 1(125V蓄電池2B用) | | 1(125V蓄電池2H用) | 1(125V代替蓄電池用) |
| 充電方式 | | 浮動(常時) | | 浮動(常時) | 浮動(常時) |

<主な負荷>

- ・制御用負荷(原子炉保護系回路, 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

3. 全交流動力電源喪失時の直流電源供給対象

- ・ 全交流動力電源喪失時，安全保護系及び原子炉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（制御電源含む）に電源供給が可能な設計とする。
- ・ 上記に加え，全交流動力電源喪失時に必要のないものの負荷切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。
- ・ また，重大事故等対処設備として兼用する125V蓄電池2Aは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の供給を必要とした設備
- ・ 設置許可基準規則第三条～第三十六条において，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三十七条～第六十二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

4. 全交流動力電源喪失時の電源供給方法

○ 蓄電池(非常用)の運用方法について

● 125V蓄電池2A及び2B

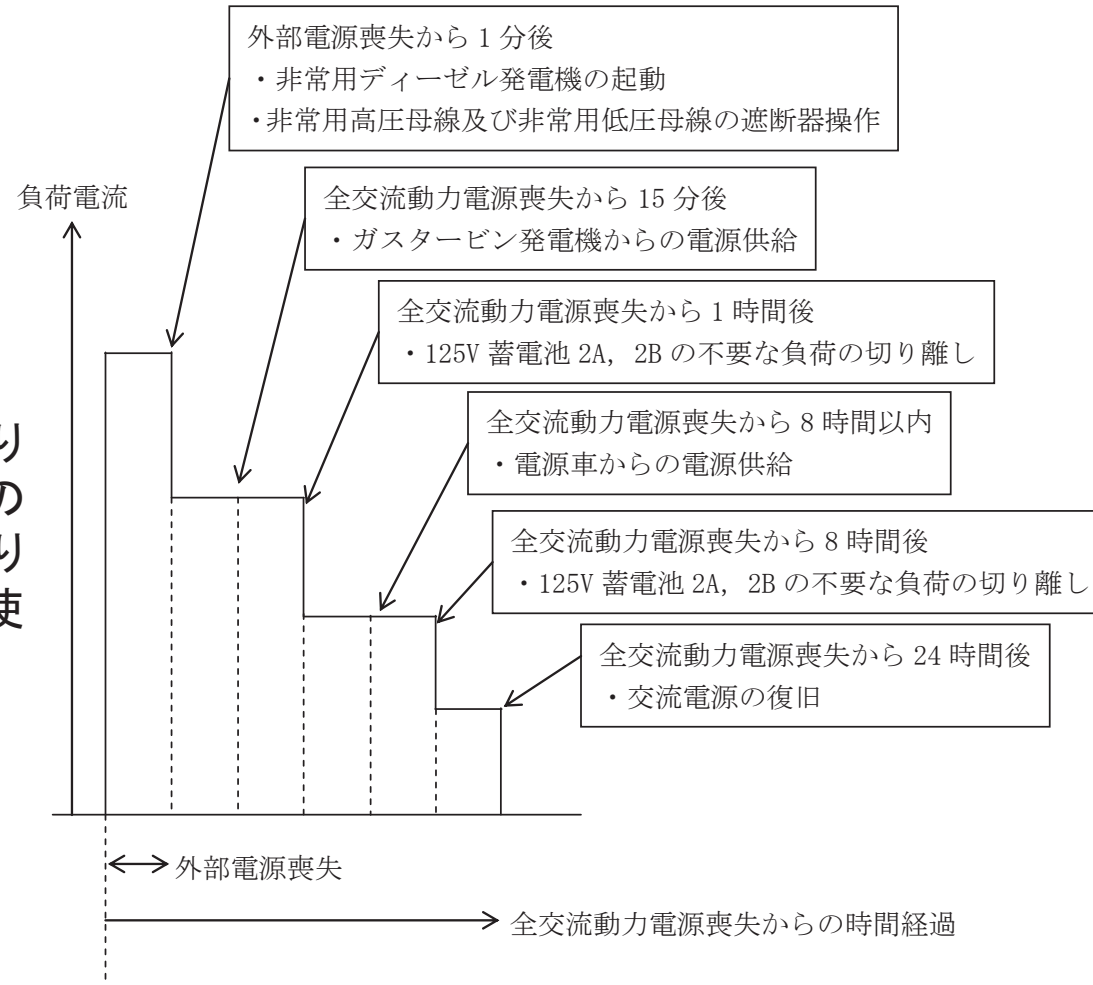
(設計基準事故対処設備 兼 重大事故等対処設備)

- 全交流動力電源喪失から1時間後に不要な負荷の切り離しを中央制御室にて簡易な操作により実施する。その後、8時間後に重大事故等の対処に不要な負荷の切り離しを行い、全交流動力電源喪失から24時間後まで使用する。

● 125V蓄電池2H

(設計基準事故対処設備)

- 全交流動力電源喪失後から操作を要することなく8時間後まで使用する。



125V蓄電池2A及び2Bの例

5. 蓄電池(非常用)の容量(1/4)

○ 各蓄電池(非常用)の負荷内訳は以下のとおり

● 125V蓄電池2A

| 負荷名称 | 1分 | 1時間 | 8時間 | 24時間 |
|------------------|---------|-------|-------|-------|
| 遮断器操作回路* | | | | |
| 非常用ディーゼル発電機初期励磁* | | | | |
| 原子炉隔離時冷却系真空ポンプ | | | | |
| 原子炉隔離時冷却系復水ポンプ | | | | |
| その他の負荷 | | | | |
| 合計(A) | 1,705.3 | 675.3 | 259.6 | 189.5 |

● 125V蓄電池2B

| 負荷名称 | 1分 | 1時間 | 8時間 | 24時間 |
|------------------|---------|-------|-------|-------|
| 遮断器操作回路* | | | | |
| 非常用ディーゼル発電機初期励磁* | | | | |
| その他の負荷 | | | | |
| 合計(A) | 1,329.4 | 615.6 | 188.6 | 118.9 |

● 125V蓄電池2H

| 負荷名称 | 1分 | 1時間 | 8時間 |
|------------------------|-------|-----|-----|
| 遮断器操作回路* | | | |
| 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機初期励磁* | | | |
| その他の負荷 | | | |
| 合計(A) | 225.0 | 5.0 | 5.0 |

2. 3. 1 蓄電池(非常用)の容量について

- 別添1 蓄電池の容量算出方法
- 別添2 蓄電池の容量換算時間K値一覧
- 別添3 蓄電池の放電終止電圧
- 別添4 蓄電池容量の保守性の考え方

* : 発電機初期励磁と遮断器操作回路は同時に操作されることはなく、各動作時間の合計は1分未満であるため、値の大きいほうが1分間電流が流れるものとして蓄電池容量を保守的に計算する。

5. 蓄電池(非常用)の容量(2/4)

○ 蓄電池の必要容量算出方法

● 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

容量算出の一般式

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

ここで

C_i : +10°Cにおける定格放電率換算容量

L : 保守率=0.8

K_i : 容量換算時間・・・放電時間, 放電終止電圧,
蓄電池温度により定まる容量に換算するための係数

I_i : 放電電流(A)

$i=1,2,3,\dots,n$: 放電電流の変化順に付番

C_i ($i=1,2,3,\dots,n$)を放電電流変化ごとに計算し, 最大となる値が保守率を考慮した蓄電池必要容量となる。

125V蓄電池2A及び2B K値一覧

| 放電時間T(分) | 容量換算時間K(時) |
|----------|------------|
| 1 | 0.58 |
| 59 | 1.83 |
| 60 | 1.85 |
| 420 | 7.60 |
| 479 | 8.38 |
| 480 | 8.39 |
| 960 | 15.89 |
| 1,380 | 22.89 |
| 1,439 | 23.87 |
| 1,440 | 23.89 |

125V蓄電池2H K値一覧

| 放電時間T(分) | 容量換算時間K(時) |
|----------|------------|
| 1 | 1.13 |
| 479 | 9.50 |
| 480 | 9.50 |

2. 3. 1 蓄電池(非常用)の容量について

別添1 蓄電池の容量算出方法

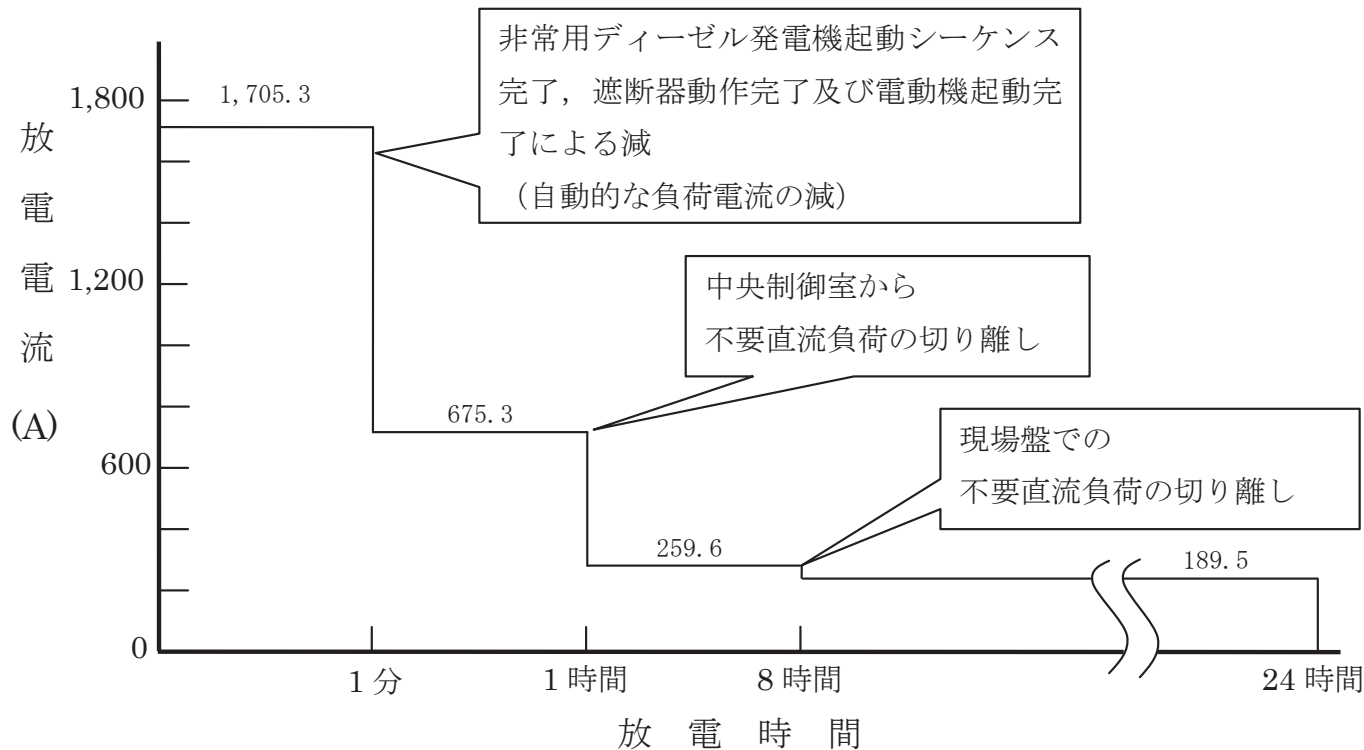
別添2 蓄電池の容量換算時間K値一覧

別添3 蓄電池の放電終止電圧

別添4 蓄電池容量の保守性の考え方

5. 蓄電池(非常用)の容量(3/4)

○ 125V蓄電池2Aの容量算出例



上記計算により125V蓄電池2Aの容量は8,000Ahで問題ない

$$C_1 = (0.58 \times 1,705.3) / 0.8 = \underline{1,237(Ah)}$$

$$C_2 = [1.85 \times 1,705.3 + 1.83 \times (675.3 - 1,705.3)] / 0.8 = \underline{1,588(Ah)}$$

$$C_3 = [8.39 \times 1,705.3 + 8.38 \times (675.3 - 1,705.3) + 7.60 \times (259.6 - 675.3)] / 0.8 = \underline{3,146(Ah)}$$

$$C_4 = [23.89 \times 1,705.3 + 23.87 \times (675.3 - 1,705.3) + 22.89 \times (259.6 - 675.3) + 15.89 \times (189.5 - 259.6)] / 0.8 = \underline{6,906(Ah)}$$

2. 3. 1 蓄電池(非常用)の容量について

- 別添1 蓄電池の容量算出方法
- 別添2 蓄電池の容量換算時間K値一覧
- 別添3 蓄電池の放電終止電圧
- 別添4 蓄電池容量の保守性の考え方

5. 蓄電池(非常用)の容量(4/4)

○ 蓄電池(非常用)の定格容量及び保守率を考慮した必要容量の算出結果を以下に示す。

| | 定格容量 | 各時間までの保守率を考慮した必要容量 | 保守率を考慮した必要容量 | 判定 (保守率を考慮した必要容量 < 定格容量) |
|---------------|---------|---|----------------------|-----------------------------|
| 125V 蓄電池2A | 8,000Ah | 1分間→1,237Ah 1時間→1,588Ah 8時間→3,146Ah (24時間→6,906Ah) | 3,146Ah (6,906Ah) | ○ |
| 125V 蓄電池2B | 6,000Ah | 1分間→964Ah 1時間→1,442Ah 8時間→2,409Ah (24時間→4,800Ah) | 2,409Ah (4,800Ah) | ○ |
| 125V 蓄電池2H | 400Ah | 1分間→ 318Ah 8時間→ 60Ah | 318Ah | ○ |

2. 3. 1 蓄電池(非常用)の容量について

別添1 蓄電池の容量算出方法

別添2 蓄電池の容量換算時間K値一覧

別添3 蓄電池の放電終止電圧

別添4 蓄電池容量の保守性の考え方