

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）

第 28 条（保安電源設備）

2022 年 9 月 27 日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
大洗研究所高速実験炉部

第 28 条：保安電源設備

目 次

1. 要求事項の整理
2. 設置許可申請書における記載
3. 設置許可申請書の添付書類における記載
 - 3.1 安全設計方針
 - 3.2 気象等
 - 3.3 設備等
4. 要求事項への適合性
 - 4.1 基本方針
 - 4.2 重要安全施設の選定
 - 4.3 非常用電源設備
 - 4.4 常用電源
 - 4.5 要求事項（試験炉設置許可基準規則第 28 条）への適合性説明

(別紙)

- 別紙 1 : 「炉心の変更」に関する基本方針
- 別紙 2 : 電気系統における異常の検知等
- 別紙 3 : 重要安全施設の選定の考え方
- 別紙 4 : 非常用電源設備から重要安全施設への電源供給
- 別紙 5 : ディーゼル発電機の定格容量の設定根拠
- 別紙 6 : 蓄電池容量の設定根拠

(添付)

- 添付 1 : 設置許可申請書における記載
- 添付 2 : 設置許可申請書の添付書類における記載（安全設計）

添付 3 : 設置許可申請書の添付書類における記載 (適合性)

添付 4 : 設置許可申請書の添付書類における記載 (設備等)

< 概 要 >

試験研究用等原子炉施設の設置許可基準規則の要求事項を明確化するとともに、それら要求に対する高速実験炉原子炉施設の適合性を示す。

1. 要求事項の整理

「常陽」の炉心は、増殖炉心（以下「MK-I炉心」という。）から照射用炉心（以下「MK-II炉心」という。）へ変更された後、更に変更を加え、熱出力を140MWとした照射用炉心（以下「MK-III炉心」という。）に変更された。本申請では、更に変更を加え、熱出力を100MWとした照射用炉心（以下「MK-IV炉心」という。）を対象とする【「炉心の変更」に関する基本方針：別紙1参照】。試験炉設置許可基準規則第28条における要求事項等を第1.1表に示す。

第1.1表 試験炉設置許可基準規則第28条における要求事項
及び本申請における変更の有無（1/2）

要求事項	変更の有無
<p>1 試験研究用等原子炉施設は、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給するため、電力系統に連系したものでなければならない。</p> <p>【解釈】</p> <ul style="list-style-type: none">第1項に規定する「重要安全施設」については、「水冷却型試験研究用原子炉施設に関する安全設計審査指針（平成3年7月18日原子力安全委員会決定）」の「添付 水冷却型試験研究用原子炉施設の重要度分類に関する基本的な考え方」の「4. (3) 電気系統に対する設計上の考慮」に示されるものとする。水冷却型研究炉以外の炉型についても、これを参考とすること。	有
<p>2 試験研究用等原子炉施設には、非常用電源設備を設けなければならない。</p> <p>【解釈】</p> <ul style="list-style-type: none">第2項に規定する「非常用電源設備」とは、非常用電源設備（非常用発電機、バッテリー等）及び工学的安全施設を含む重要安全施設への電力供給設備（非常用母線スイッチギヤ、ケーブル等）をいう。	有

第 1.1 表 試験炉設置許可基準規則第 28 条における要求事項
及び本申請における変更の有無 (2/2)

要求事項	変更の有無
<p>3 非常用電源設備及びその附属設備は、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保し、その系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものでなければならない。ただし、次の各号のいずれかに該当する場合は、この限りでない。</p> <p>一 外部電源を喪失した場合その他の非常の場合において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備へ電気を供給するための発電設備が常時作動している場合</p> <p>二 工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備が、無停電電源装置に常時電氣的に接続されている場合</p> <p>三 外部電源を喪失した場合であって、次に掲げる全ての要件を満たす場合</p> <p>イ 換気設備（非常用のものに限る。）を作動させる必要がないこと。</p> <p>ロ 試験研究用等原子炉を未臨界に移行することができ、かつ、低温状態において未臨界を維持することができること。</p> <p>ハ 燃料体の崩壊熱を適切に除去することができること。</p>	有

2. 設置許可申請書における記載

添付 1 参照

3. 設置許可申請書の添付書類における記載

3.1 安全設計方針

(1) 設計方針

添付 2 参照

(2) 適合性

添付 3 参照

3.2 気象等

該当なし

3.3 設備等

添付 4 参照

※ 添付の朱書き：審査進捗を踏まえて記載を見直す箇所

4. 要求事項への適合性

4.1 基本方針

原子炉施設は、大洗研究所（南地区）南受電所から 66 kV 配電線 1 回線で商用電源（外部電源）を受電する。また、原子炉施設は、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給するため、電力系統に連系するように設計するものとし、外部電源が喪失した場合において、計測制御系統、安全保護回路、原子炉停止系統、原子炉冷却系統等の機能とあいまって、燃料の許容設計限界を超えないよう、炉心からの核分裂生成物の崩壊熱を除去できるとともに、停止後、一定時間、炉心の強制冷却を必要とする場合にあっては、崩壊熱を除去する設備に電源を供給する等、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給するための非常用電源設備として、ディーゼル発電機及び蓄電池、並びに電力供給設備（非常用母線切替回路及びケーブル等）を設ける。安全施設へ電力を供給するために使用する保安電源設備は、機器の損壊、故障その他の異常を検知するとともに、その拡大を防止できるものとする【電気系統における異常の検知等：別紙 2 参照】。

非常用電源設備及びその附属設備は、多重性又は多様性並びに独立性を確保し、その系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものとする。

4.2 重要安全施設の選定

「研究炉の重要度分類の考え方」を参考に、その機能、構造及び動作原理を考慮し、以下の施設を電気系統に対する設計上の考慮を必要とする重要安全施設とする（第 4.2.1 表参照）【重要安全施設の選定の考え方：別紙 3 参照】。

- (1) MS-1 のうち、外部電源が利用できない場合に動的機能を必要とする構築物、系統及び機器（ただし、外部電源が利用できない場合にフェイルセーフの構造及び動作原理を有するものを除く。）
- (2) MS-2 のうち、異常状態発生時に、周辺の公衆に過度の放射線被ばくを与えることを防止するために、異常状態の緩和及び放射性物質の閉じ込め機能を果たすべき構築物、系統及び機器

原子炉施設は、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給するため、電力系統に連系するように設計する【非常用電源設備から重要安全施設への電源供給：別紙 4 参照】。

第 4.2.1 表 電気系統に対する設計上の考慮を必要とする重要安全施設

分類	機能	構築物、系統又は機器	特記すべき関連系
MS-1	原子炉の緊急停止及び未臨界維持機能	① 制御棒 ② 制御棒駆動系 1) 駆動機構 2) 上部案内管 ③ 後備炉停止制御棒 ④ 後備炉停止制御棒駆動系 1) 駆動機構 2) 上部案内管	
	1次冷却材漏えい量の低減機能	① 1次補助冷却系 1) サイフォンブレイク弁 ② 1次予熱室素ガス系 1) 仕切弁	① 関連するプロセス計装（ナトリウム漏えい検出器）
	原子炉停止後の除熱機能	① 1次主冷却系 1) 1次主循環ポンプポニーモータ	
	放射性物質の閉じ込め機能	① 格納容器バウンダリに属する弁	
	工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	① 原子炉保護系（スクラム） ② 原子炉保護系（アイソレーション）	① 関連する核計装 ② 関連するプロセス計装
MS-2	放射線の遮蔽及び放出低減機能	① アンユラス部排気系 1) アンユラス部排気系（アンユラス部常用排気フィルタを除く。） ② 非常用ガス処理装置	
	事故時のプラント状態の把握機能	① 事故時監視計器の一部	

4.3 非常用電源設備

原子炉施設には、外部電源が喪失した場合において、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給し、また、計測制御系統、安全保護回路、原子炉停止系統、原子炉冷却系統等の機能とあいまって、燃料の許容設計限界を超えないよう、炉心からの核分裂生成物の崩壊熱を除去できるとともに、停止後、一定時間、炉心の強制冷却を必要とする場合にあっては、崩壊熱を除去する設備に電源を供給するための非常用電源設備として、ディーゼル発電機及び蓄電池、並びに電力供給設備（非常用母線切替回路及びケーブル等）を設ける。非常用電源設備及びその附属設備は、多重性又は多様性並びに独立性を確保し、その系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものとする。蓄電池については、全交流動力電源喪失（外部電源喪失及び非常用ディーゼル電源系喪失）時に原子炉を安全に停止し、又はパラメータを監視する設備の動作に必要な容量を有するものとする。

（1）ディーゼル発電機

原子炉施設には、2系統の非常用ディーゼル電源系を設ける【ディーゼル発電機の定格容量の設定根拠：別紙5参照】。各系統は、ディーゼル発電機、3.3kV母線、400V母線、200V母線及び100V母線から構成し、常時は独立に使用されるものとする。非常用ディーゼル電源系は、通常時にあっては、常用電源を経由し、外部電源より給電されるものとするが、外部電源喪失時には、ディーゼル発電機より電源が供給される。ディーゼル発電機については、定格容量を約2,500kVAとし、外部電源の喪失に対処するための設備がその機能を確保するために必要な負荷（以下「非常用負荷」という。）に対して、100%の容量を有するものを、2系統の非常用ディーゼル電源系に各1基（合計：2基）設置するものとする。

ディーゼル発電機は、低電圧継電器により外部電源の喪失を検出し、限時継電器で数秒間の停電を確認した後、2基同時に自動起動する。ディーゼル発電機の起動方式は、圧縮空気始動方式であり、外部電源喪失後30秒で最初の負荷投入が可能となる。2基のディーゼル発電機は、あらかじめ定めた順序に従い、非常用負荷に給電するものとする。なお、非常用負荷は、2基のディーゼル発電機のうち1基が停止した場合にあっては、他の1基により原子炉の安全を維持できるように負荷を構成する。主な負荷を以下に示す。

1次補助冷却系及び2次補助冷却系

1次純化系及びオーバフロー系

1次冷却系予熱設備（一部）、2次冷却系予熱設備

格納容器雰囲気調整系、アニュラス部排気設備、非常用換気設備

コンクリート遮へい体冷却系

気体廃棄物処理設備

放射線監視設備（一部）、空調換気設備（一部）、補機冷却設備

圧縮空気供給設備

非常用照明設備

(2) 蓄電池

原子炉施設には、2系統の交流無停電電源系及び2系統の直流無停電電源系を設ける【蓄電池容量の設定根拠：別紙6参照】。交流無停電電源系の各系統は、整流装置、蓄電池、インバータ及び母線から構成し、常時は独立に使用されるものとする。交流無停電電源系は、通常時にあつては、常用電源を経由し、非常用ディーゼル電源系の400V母線等を介して、外部電源より給電されるものとするが、全交流電源喪失時（外部電源喪失後、ディーゼル発電機が起動し、定格電圧が確立するまでの時間を含む。）には、蓄電池より、インバータを介して、電源が供給される。交流無停電電源系の蓄電池については、容量を800Ahとし、非常用負荷のうち、交流無停電電源系に接続される負荷に対して100%の容量を有し、かつ、2時間の放電ができるものを2系統の交流無停電電源系に各1組（合計：2組）設置するものとする。なお、非常用負荷は、2系統の交流無停電電源系のうち1系統が停止した場合にあつても、他の1系統により原子炉の安全を維持できるように負荷を構成する。直流無停電電源系の各系統は、整流装置、蓄電池、負荷電圧補償装置及び母線から構成し、常時は独立に使用されるものとする。直流無停電電源系は、通常時にあつては、常用電源を経由し、非常用ディーゼル電源系の400V母線等を介して、外部電源より給電されるものとするが、全交流電源喪失時（外部電源喪失後、ディーゼル発電機が起動し、定格電圧が確立するまでの時間を含む。）には、蓄電池より電源が供給される。直流無停電電源系の蓄電池については、容量を1,800Ahとし、非常用負荷のうち、直流無停電電源系に接続される負荷に対して100%の容量を有し、かつ、2時間の放電ができるものを2系統の直流無停電電源系に各1組（合計：2組）設置するものとする。なお、非常用負荷は、2系統の直流無停電電源系のうち1系統が停止した場合にあつても、他の1系統により原子炉の安全を維持できるように負荷を構成する。交流無停電電源系及び直流無停電電源系の主な負荷を以下に示す。

交流無停電電源系

原子炉保護系（関連する核計装、プロセス計装及び放射線管理設備を含む。）

格納容器（隔離弁（制御用電源））

中央制御室制御盤等（一部現場盤を含む。）

直流無停電電源系

1次主冷却系（1次主循環ポンプポニーモータ）

1次補助冷却系（サイフォンブレイク弁）

格納容器（隔離弁（駆動用電源））

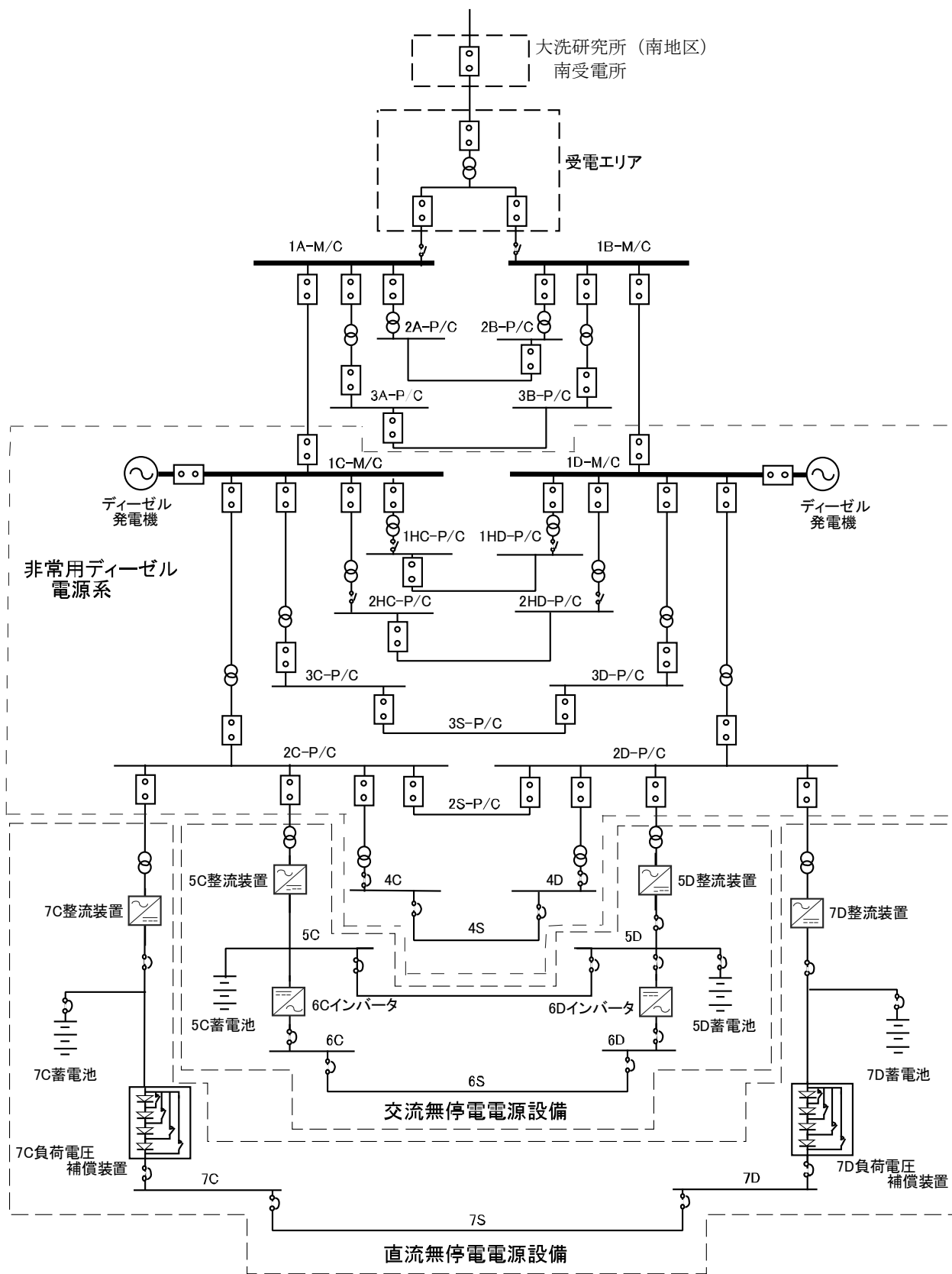
中央制御室制御盤等（一部現場盤を含む。）

非常灯

4.4 常用電源

原子炉施設は、大洗研究所（南地区）南受電所から 66kV 配電線 1 回線で商用電源（外部電源）を受電する。

原子炉施設における電源系統図を第 4.4.1 図に示す。原子炉施設の電源系統は、一般電源系、非常用ディーゼル電源系、交流無停電電源系及び直流無停電電源系から構成する。原子炉施設を受電エリアにおいて、主変圧器により、3.3kV に降圧し、2 系統の一般電源系に電源を供給する。各系統は、3.3kV 母線、400V 母線及び 200V 母線から構成し、常時は独立に使用されるものとする。



第 4.4.1 図 電源設備

4.5 要求事項（試験炉設置許可基準規則第 28 条）への適合性説明

（保安電源設備）

第二十八条 試験研究用等原子炉施設は、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給するため、電力系統に連系したものでなければならない。

2 試験研究用等原子炉施設には、非常用電源設備を設けなければならない。

3 非常用電源設備及びその附属設備は、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保し、その系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものでなければならない。ただし、次の各号のいずれかに該当する場合は、この限りでない。

一 外部電源を喪失した場合その他の非常の場合において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備へ電気を供給するための発電設備が常時作動している場合

二 工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備が、無停電電源装置に常時電氣的に接続されている場合

三 外部電源を喪失した場合であって、次に掲げる全ての要件を満たす場合

イ 換気設備（非常用のものに限る。）を作動させる必要がないこと。

ロ 試験研究用等原子炉を未臨界に移行することができ、かつ、低温状態において未臨界を維持することができること。

ハ 燃料体の崩壊熱を適切に除去することができること。

適合のための設計方針

1 について

原子炉施設は、大洗研究所（南地区）南受電所から 66kV 配電線 1 回線で商用電源（外部電源）を受電する。原子炉施設は、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給するため、電力系統に連系するように設計する。ここでの「重要安全施設」は、「研究炉の重要度分類の考え方」を参考に、その機能、構造及び動作原理を考慮し、以下に属する施設より選定するものとする。

(1) MS-1 のうち、外部電源が利用できない場合に動的機能を必要とする構築物、系統及び機器（ただし、外部電源が利用できない場合にフェイルセーフの構造及び動作原理を有するものを除く。）

(2) MS-2 のうち、異常状態発生時に、周辺の公衆に過度の放射線被ばくを与えることを防止するために、異常状態の緩和及び放射性物質の閉じ込め機能を果たすべき構築物、系統及び機器

2 について

原子炉施設には、外部電源が喪失した場合において、計測制御系統、安全保護回路、原子炉停止系統、原子炉冷却系統等の機能とあいまって、燃料の許容設計限界を超えないよう、炉心からの核分裂

生成物の崩壊熱を除去できるとともに、停止後、一定時間、炉心の強制冷却を必要とする場合にあっては、崩壊熱を除去する設備に電源を供給する等、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給するための非常用電源設備として、ディーゼル発電機及び蓄電池、並びに電力供給設備（非常用母線切替回路及びケーブル等）を設ける。

3 について

非常用電源設備及びその附属設備（ディーゼル発電機及び蓄電池並びに電力供給設備（非常用母線切替回路及びケーブル等））は、多重性又は多様性並びに独立性を確保し、その系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものとする。

ディーゼル発電機については、定格容量を約 2,500kVA とし、外部電源の喪失に対処するための設備がその機能を確保するために必要な負荷（以下「非常用負荷」という。）に対して 100%の容量を有するものを 2 系統の非常用ディーゼル電源系に各 1 基（合計：2 基）設置する。なお、非常用負荷は、2 基のディーゼル発電機のうち 1 基が停止した場合にあっては、他の 1 基により原子炉の安全を維持できるように負荷を構成する。

交流無停電電源系の蓄電池については、容量を 800Ah とし、非常用負荷のうち、交流無停電電源系に接続される負荷に対して 100%の容量を有し、かつ、2 時間の放電ができるものを 2 系統の交流無停電電源系に各 1 組（合計：2 組）設置する。また、直流無停電電源系の蓄電池については、容量を 1,800Ah とし、非常用負荷のうち、直流無停電電源系に接続される負荷に対して 100%の容量を有し、かつ、2 時間の放電ができるものを 2 系統の直流無停電電源系に各 1 組（合計：2 組）設置する。交流無停電電源系及び直流無停電電源系は、一方の装置の故障又は修理時にあっては、母線連絡用遮断器を投入することで、もう一方の系統より支障なく給電できるものとする。

「炉心の変更」に関する基本方針

【第 32 条（炉心等）（その 1：第 32 条第 1～3 項）の別紙 1 に同じ】

1. 概要

「常陽」の炉心は、増殖炉心（以下「MK-I炉心」という。）から照射用炉心（以下「MK-II炉心」という。）へ変更された後、更に変更を加え、熱出力を140MWとした照射用炉心（以下「MK-III炉心」という。）に変更された。本申請では、更に変更を加え、熱出力を100MWとした照射用炉心（以下「MK-IV炉心」という。）を対象とする。「炉心の変更」に関する基本方針を以下に示す。

2. 「炉心の変更」に関する基本方針

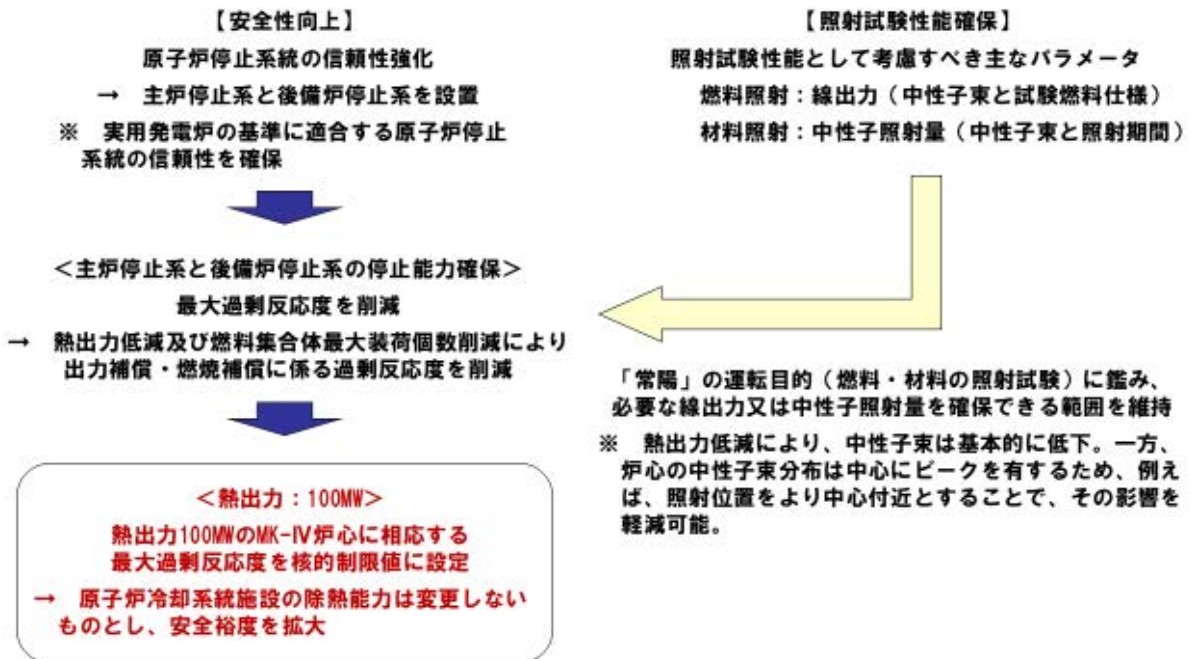
「炉心の変更」は、「常陽」を「試験研究の用に供する原子炉等の位置、構造及び設備の基準に関する規則」等に適合させるための変更を行うに当たり、原子炉停止システムの信頼性を強化し、安全性を向上させること、一方で、高速炉燃料材料の開発等のための照射試験に必要な性能を維持することを目的とする（別図1.1参照）。

原子炉停止システムは、独立した主炉停止系と後備炉停止系を設けることで信頼性を向上する。それぞれの原子炉停止システムに要求される停止能力の確保には、最大過剰反応度の削減が必要であり、ここでは、熱出力の低減及び燃料集合体最大装荷個数の削減により、出力補償や燃焼補償に係る過剰反応度を削減して対応することとした。一方で、照射試験性能として考慮すべき主なパラメータである線出力と中性子照射量は、熱出力低減により基本的に低下する。必要な線出力又は中性子照射量を確保できる範囲に維持することも「常陽」の運転目的として肝要である。

熱出力を100MWとしたMK-IV炉心は、これらの要件を満足するものであり、当該炉心に相応する最大過剰反応度を核的制限値とする。

なお、原子炉冷却システム施設の除熱能力は変更しないものとし、安全裕度を拡大することとしている。

「炉心の変更」に伴って生じる主な変更点等を別図1.2に示す。本申請にあつては、MK-IV炉心（熱出力100MW）での核設計や熱設計を実施するとともに、当該設計結果を炉心燃料集合体の機械設計や被ばく評価、安全評価等に反映する。



別図 1.1 「炉心の変更」に関する基本方針

MK-IV炉心（熱出力100MW）条件として、以下の変更・評価等を実施（最新知見の反映を含む）

【核設計における主な変更点】

- ・ 炉心構成（燃料集合体最大装荷個数削減に対応）
- ・ 核的制限値（最大過剰反応度削減に対応）
- ・ 反応度係数（炉心構成の変更に対応）
- ・ 動特性パラメータ（炉心構成の変更に対応）



【核熱設計結果の反映】

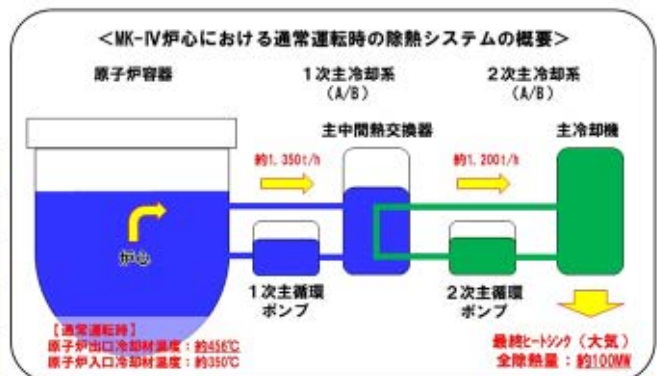
- ・ 炉心燃料集合体の機械設計（使用期間長期化対応を含む）
- ・ 動特性
- ・ 被ばく評価
- ・ 運転時の異常な過渡変化の評価
- ・ 設計基準事故の評価
- ・ 多量の放射性物質等を放出する事故の対策検討・評価

【熱設計における主な変更点】

- ・ 熱的制限値（熱出力低下に伴う使用期間長期化に対応）
- ・ 線出力密度や集合体冷却材流量（炉心構成の変更に対応）

熱的制限値： 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において、原子炉停止系統及び安全保護系等の機能とあいまって**熱設計基準値（燃料の許容設計限界）**を超えないよう、かつ、その被覆管のクリープ寿命分数和と疲労寿命分数和を加えた累積損傷和が設計上の制限値である1.0を超えないよう、定格出力時における制限値として設定

	MK-III炉心（140MW）		MK-IV炉心（100MW）	
	熱的制限値	熱設計基準値	熱的制限値	熱設計基準値
燃料最高温度	2,530℃	2,650℃	2,350℃	2,650℃
被覆管最高温度（肉厚中心）	675℃	830℃	620℃	840℃
冷却材最高温度		910℃		910℃



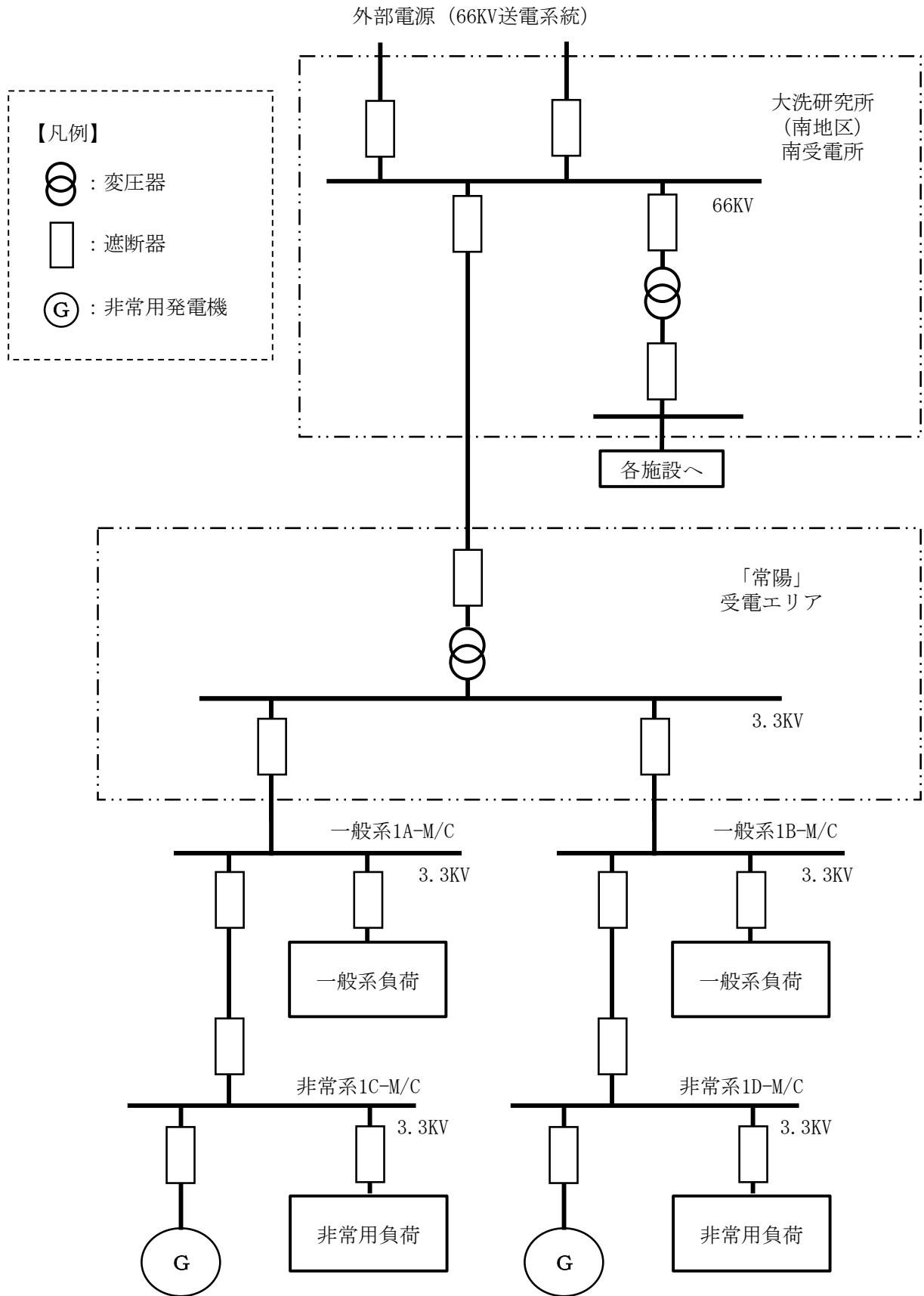
別図 1.2 「炉心の変更」に伴って生じる主な変更点等

電気系統における異常の検知等

常用電源及び非常用電源においては、機器の損壊、故障その他の異常を検知するとともに、その拡大を防止するため、保護継電器により電気系統の機器の短絡若しくは地絡又は母線の低電圧若しくは過電流等を検知し、遮断器等により故障箇所を遮断・隔離し、他の安全機能への影響の波及を限定している。

また、外部電源に直接接続している変圧器の一次側において3相のうちの1相の電路の開放が生じた場合にあっては、以下に示すように、不足電圧継電器の作動による警報の発報に期待できる。当該警報により、安全施設への電力の供給が不安定になったことを検知し、故障箇所の隔離又は非常用母線の接続変更その他の異常の拡大を防止する対策（手動操作による対策を含む。）を行うことによって、安全施設への電力の供給が停止することがないように、電力供給の安定性を回復する。また、仮に不足電圧継電器が作動しなかった場合にあっては、付随する複数の機器の過負荷トリップを確認し、運転員は同様の措置を講じる。

- ・ 「常陽」電源系統の概略図を第1図に示す。「常陽」受電エリアの変圧器の一次側の接続部位（大洗研究所（南地区）南受電所との接続ケーブルを含む。）は、接地された筒体内導体が収納・接続された構造を有するため、変圧器の一次側に破損が想定される架線の碍子は存在しない。また、仮に、導体の断線による1相開放故障が発生した場合には、接地された筒体を通じ完全接地状態となるため、異常を検知できる。変圧器には、変圧器の二次側に電圧低下を検知する不足電圧継電器が設置されており、変圧器の一次側の1相開放故障が発生し、電圧が定格電圧の約70%以下まで低下した場合には不足電圧継電器が作動し、警報が発報する。「常陽」受電エリアの変圧器（一次側：Y結線／二次側：Δ結線）は、一次側において、中性点が非接地であり、変圧器の二次側に設置されている不足電圧継電器の作動設定点を超える電圧の低下が見込まれる。
- ・ 当該警報の発生や付随する複数の機器の過負荷トリップを確認した場合には、運転員は中央制御室にて、変圧器の一次側の電流を確認し、その結果、外部電源の異常と判断した場合には、ディーゼル発電機を起動することで、必要な電力を確保する。



第1図 「常陽」電源系統の概略図

重要安全施設の選定の考え方

「常陽」において、電気系統に対する設計上の考慮を必要とする重要安全施設は、「研究炉の重要度分類の考え方」を参考に、その機能、構造及び動作原理を考慮して、基本的に、信頼性に対する設計上の考慮を必要とする重要安全施設と同じとした。なお、要求事項に鑑み、電気系統に対する設計上の考慮を必要とする重要安全施設は、安全上特に重要な関連機能又は安全上重要な関連機能である非常用ディーゼル電源系、交流無停電電源系及び直流無停電電源系を含まない。

非常用電源設備から重要安全施設への電源供給

分類	機能	重要安全施設	電源供給元
MS-1	原子炉の緊急停止 及び未臨界維持機能	① 制御棒 ② 制御棒駆動系 1) 駆動機構 2) 上部案内管 ③ 後備炉停止制御棒 ④ 後備炉停止制御棒駆動系 1) 駆動機構 2) 上部案内管	非常用ディーゼル電源系
	1次冷却材漏えい量 の低減機能	① 1次補助冷却系 1) サイフォンブレイク弁	非常用ディーゼル電源系 又は直流無停電電源系
		② 1次予熱室素ガス系 1) 仕切弁	非常用ディーゼル電源系 (関連系: 交流無停電電源系)
	原子炉停止後 の除熱機能	① 1次主冷却系 1) 1次主循環ポンプポニー モータ	直流無停電電源系
	放射性物質 の閉じ込め機能	① 格納容器バウンダリに属 する弁	交流無停電電源系 又は直流無停電電源系
工学的安全施設 及び原子炉停止系への 作動信号の発生機能	① 原子炉保護系 (スクラム) ② 原子炉保護系 (アイソレー ション)	交流無停電電源系	
MS-2	放射線の遮蔽 及び放出低減機能	① アニュラス部排気系 1) アニュラス部排気系 (ア ニュラス部常用排気フィル タを除く。) ② 非常用ガス処理装置	非常用ディーゼル電源系
	事故時のプラント状態 の把握機能	① 事故時監視計器の一部	交流無停電電源系

ディーゼル発電機の定格容量の設定根拠

ディーゼル発電機については、定格容量を約 2,500kVA とし、非常用負荷に対して 100%の容量を有するものを 2 系統の非常用ディーゼル電源系に各 1 基（合計：2 基）設置する。

当該定格容量の設定根拠を別添 1（昭和 48 年 2 月 15 日付け 47 動燃（高速）131：設計及び工事の方法の認可申請書（認可：昭和 48 年 3 月 7 日付け 48 原第 1839 号）の添付資料「電源設備容量計算書」より抜粋）に示す。別添 1 に示すとおり定格容量約 2,500kVA は、必要容量 2,368kVA を上回る。なお、実測値に基づくディーゼル発電機による給電可能時間は約 108～約 161 時間である（別添 2 参照）。

3-2 非常用電源設備容量計算書

目 次

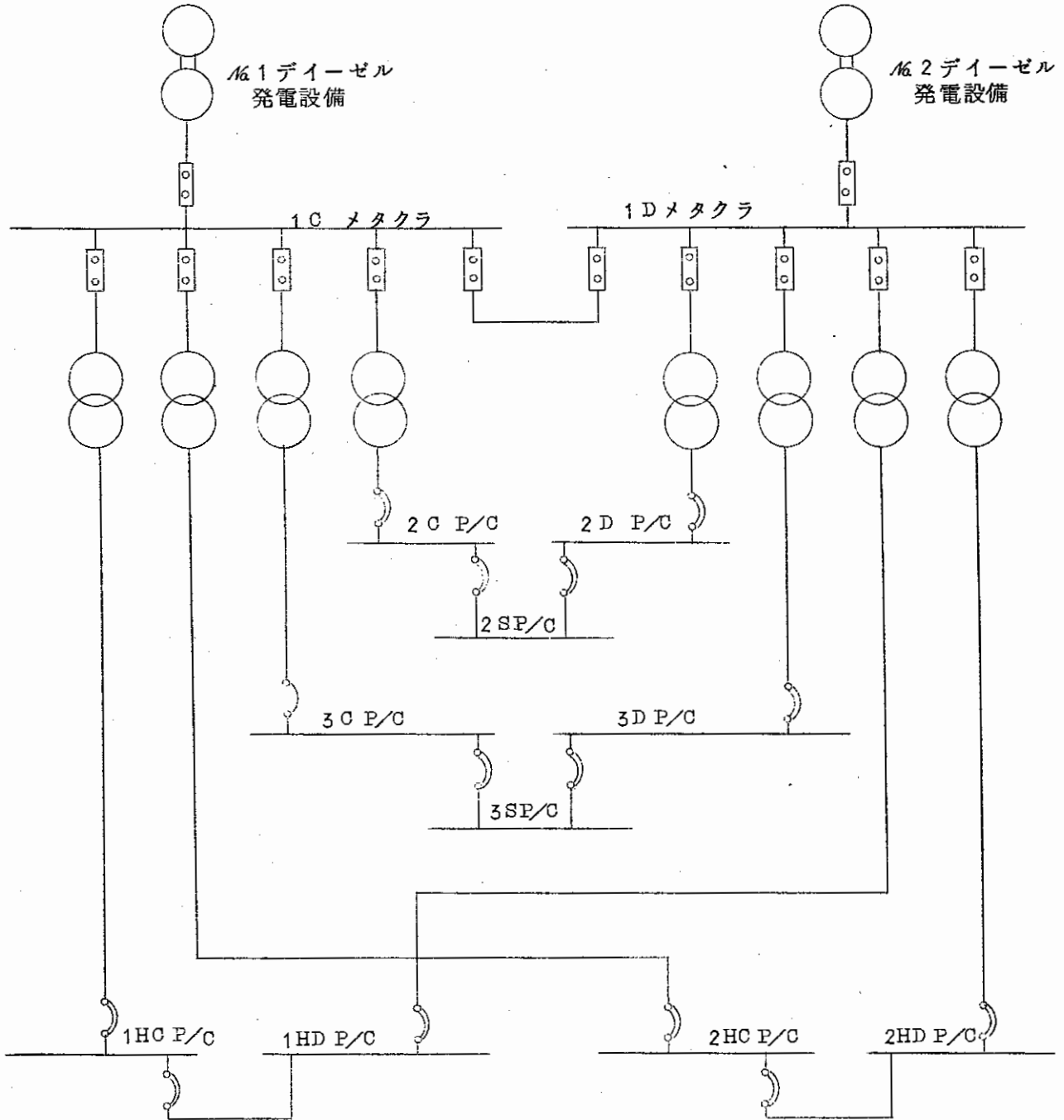
1. ま え が き	1
2. 非常系電源系統	1
3. ディーゼル負荷および負荷運転状況	2
4. 非常系電源系統の運転と容量算定式	8
4.1 非常系電源系統の運転	8
4.2 プラントの運転モード	9
4.3 容量算定式	9
4.4 計算結果	12
5. 結 論	13

1 まえがき

本計算書は高速実験炉の非常用ディーゼル発電設備の容量計算に関するものである。

2 非常系電源系統

高速実験炉の非常用電源系統は下図の通りである。



(注) P/C : パワーセンタの略号

3. ディーゼル負荷および負荷運転状況

ディーゼル発電機の非常系母線に接続されている負荷の運転状況は次の通りである。

(1) 第1表 1Cメタクラ負荷運転状況

負荷名称	負 荷 運 転 容 量 (KVA)											
	冷却材 充填時		原子炉 起動時		出 力 運転中		原子炉 待期中		燃 料 交換中		炉 内 検査中	
	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠
格納容器フレオン 冷凍機 1C	270		270		270		270		270		270	
2Cパワーセンタ	1238		1238		1238		1238		1238		1237	
2Sパワーセンタ	113	57	113	57	113	57	113	57	113	57	113	57
3Cパワーセンタ	104	11	104	11	104	11	104	11	104	11	104	11
3Sパワーセンタ	114	21	114	21	114	21	114	21	114	21	114	21
1HCパワーセンタ	144		144		144		144		144		144	
1HDパワーセンタ												
2HCパワーセンタ	456		456		456		456		456		456	
2HDパワーセンタ												
計	2439	89	2439	89	2439	89	2439	89	2439	89	2438	89

注(1) 2Cパワーセンタ負荷運転容量は第3表による。

2S " " は第4表による。

3C " " は第6表による。

3S " " は第7表による。

1HC " " は第9表による。

1HD " " は第10表による。

2HC " " は第11表による。

2HD " " は第12表による。

(2) 第2表 1Dメタクラ負荷運転状況

負荷名称	負 荷 運 転 容 量 (KVA)											
	冷却材 充填時		原子炉 起動時		出 力 運 転 中		原子炉 待 期 中		燃 料 交 換 中		炉 内 検 査 中	
	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠
格納容器フ里昂冷凍機 1D	270		270		270		270		270		270	
2Dパワーセンタ	1238		1238		1238		1238		1238		1237	
2Sパワーセンタ	113	57	113	57	113	57	113	57	113	57	113	57
3Dパワーセンタ	104	11	104	11	104	11	104	11	104	11	104	11
3Sパワーセンタ	114	21	114	21	114	21	114	21	117	21	114	21
1HCパワーセンタ	144		144		144		144		144		144	
1HDパワーセンタ												
2HCパワーセンタ	456		456		456		456		456		456	
2HDパワーセンタ												
計	2439	89	2439	89	2439	89	2439	89	2439	89	2438	89

注(2) 2Dパワーセンタ負荷運転容量は第5表による。

2S " " は第4表による。

3D " " は第8表による。

3S " " は第7表による。

1HC " " は第9表による。

1HD " " は第10表による。

2HC " " は第11表による。

2HD " " は第12表による。

注(3) 1Cメタクラ負荷運転容量は μ 2ディーゼル発電機故障時の値であり、1Dメタクラ負荷運転容量は μ 1ディーゼル発電機故障時の値である。

(3) 第3表 2Cパワーセンタ負荷運転状況

炉運転モード 負荷運転頻度 負荷名称	負荷運転容量 (kVA)											
	冷却材 充填時		原子炉 起動時		出力 運転中		原子炉 待期中		燃料 交換中		炉内 検査中	
	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠
主冷却機建家C/C 2C	107		107		107		107		107		107	
原子炉付属建家C/C2C-1	279		279		279		279		279		279	
同上 2C-2	88		88		88		88		88		88	
しゃべいコンクリート冷却系 N ₂ ガスブロワ 2C	259		259		259		259		259		259	
原子炉建家C/C 2C	79		79		79		79		79		78	
2次補助冷却系C/C 2S	171		171		171		171		171		171	
交流無停電6C分電盤	70		70		70		70		70		70	
直流無停電7C分電盤	95		95		95		95		95		95	
非常系4C分電盤	90		90		90		90		90		90	
計	1238	0	1238	0	1238	0	1238	0	1238	0	1237	0

(4) 第4表 2Sパワーセンタ負荷運転状況

炉運転モード 負荷運転頻度 負荷名称	負荷運転容量 (kVA)											
	冷却材 充填時		原子炉 起動時		出力 運転中		原子炉 待期中		燃料 交換中		炉内 検査中	
	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠
原子炉建家C/C 2S-1	-		-		-		-		-		-	
同上 2S-2	43		43		43		43		43		43	
原子炉付属建家C/C2S-1		57		57		57		57		57		57
メンテナンス建家C/C 2S	-		-		-		-		-		-	
消火ポンプ用電源	-		-		-		-		-		-	
建家照明用電源	70		70		70		70		70		70	
計	113	57	113	57	113	57	113	57	113	57	113	57

(5) 第5表 2Dパワーセンタ負荷運転状況

炉運転モード 負荷運転頻度 負荷名称	負 荷 運 転 容 量 (kVA)											
	冷却材 充填時		原子炉 起動時		出 力 運転中		原子炉 待期中		燃 料 交換中		炉 内 検査中	
	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠
主冷却機建家C/C 2D	107		107		107		107		107		107	
原子炉付属建家C/C 2D-1	279		279		279		279		279		279	
同 上 2D-2	88		88		88		88		88		88	
しゃへいコンクリート冷却系 N ₂ ガスブロウ 2D	259		259		259		259		259		259	
原子炉建家C/C 2D	79		79		79		79		79		78	
2次補助冷却系C/C 2S	171		171		171		171		171		171	
交流無停電6D分電盤	70		70		70		70		70		70	
直流無停電7D分電盤	95		95		95		95		95		95	
非 常 系 4 D分電盤	90		90		90		90		90		90	
計	1238	0	1238	0	1238	0	1238	0	1238	0	1237	0

(6) 第6表 3Cパワーセンタ負荷運転状況

炉運転モード 負荷運転頻度 負荷名称	負 荷 運 転 容 量 (kVA)											
	冷却材 充填時		原子炉 起動時		出 力 運転中		原子炉 待期中		燃 料 交換中		炉 内 検査中	
	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠
1次補助冷却系電磁ポンプ	75		75		75		75		75		75	
主冷却機建家C/C 3C	3.4	10.7	3.4	10.7	3.4	10.7	3.4	10.7	3.4	10.7	3.4	10.7
電子計算機用電源	25		25		25		25		25		25	
計	103.4	10.7	103.4	10.7	103.4	10.7	103.4	10.7	103.4	10.7	103.4	10.7

(7) 第7表 3Sパワーセンター負荷運転状況

炉運転モード 負荷運転頻度		負 荷 運 転 容 量 (kVA)											
		冷却材 充填時		原子炉 起動時		出 力 運転中		原子炉 待期中		燃 料 交換中		炉 内 検査中	
		連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠
1次Na純化系電磁ポンプ		55		55		55		55		55		55	
オーバーフロー汲上ポンプ		(40)		(40)		(40)		(40)		(40)		(40)	
原子炉建家 C/C 3S			11		11		11		11	3.3	17		11
原子炉付属建家C/C 3S		52	10	52	10	52	10	52	10	52	10	52	10
ダストモニタ分電盤		6.3		6.3		6.3		6.3		6.3		6.3	
計		113.3	21	113.3	21	113.3	21	113.3	21	116.6	27	113.3	21

(8) 第8表 3Dパワーセンター負荷運転状況

炉運転モード 負荷運転頻度		負 荷 運 転 容 量 (kVA)											
		冷却材 充填時		原子炉 起動時		出 力 運転中		原子炉 待期中		燃 料 交換中		炉 内 検査中	
		連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠
1次補助冷却系電磁ポンプ		75		75		75		75		75		75	
主冷却機建家C/C 3D		3.4	10.7	3.4	10.7	3.4	10.7	3.4	10.7	3.4	10.7	3.4	10.7
電子計算機用電源		25		25		25		25		25		25	
計		103.4	10.7	103.4	10.7	103.4	10.7	103.4	10.7	103.4	10.7	103.4	10.7

注(4) 1次Na純化系電磁ポンプとオーバーフロー汲上ポンプは互に Back up しているのでディーゼル発電機の容量としては1次Na純化系電磁ポンプのみを考慮するものとする。

(9) 第9表 1HC パワーセンタ負荷運転状況

炉運転モード 負荷運転頻度 負荷名称	負荷運転容量 (kVA)													
	冷却材 充填時		原子炉 起動時		出力 運転中		原子炉 待期中		燃料 交換中		炉内 検査中			
	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠		
1次冷却系ヒータ接触器盤 A	144		144		144		144		144		144		注(5)	
1次冷却系ヒータ接触器盤 B														
1次冷却系ヒータ接触器盤 F														
2次補助冷却系ヒータ接触器盤														注(6)

(10) 第10表 1HD パワーセンタ負荷運転状況

炉運転モード 負荷運転頻度 負荷名称	負荷運転容量 (kVA)												
	冷却材 充填時		原子炉 起動時		出力 運転中		原子炉 待期中		燃料 交換中		炉内 検査中		
	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	
1次冷却系ヒータ接触器盤 C													注(5)
1次冷却系ヒータ接触器盤 D													
1次冷却系ヒータ接触器盤 E													

注(5) 第9表中の負荷運転容量144kVAは1次冷却系ヒータ接触器盤(A)~(F)までの和である。

注(6) 2次補助冷却系ヒータ接触器盤の負荷運転容量は次頁の2HC パワーセンタおよび2HD パワーセンタに含む。

⑪ 第11表 2HC パワーセンター負荷運転状況

炉運転モード 負荷運転頻度 負荷名称		負 荷 運 転 容 量 (KVA)											
		冷却材 充填時		原子炉 起動時		出 力 運転中		原子炉 待期中		燃 料 交換中		炉 内 検査中	
		連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠
2次冷却系ヒータ接触器盤 A		456		456		456		456		456		456	

注(7)

⑫ 第12表 2HD パワーセンタ負荷運転状況

炉運転モード 負荷運転頻度 負荷名称		負 荷 運 転 容 量 (KVA)											
		冷却材 充填時		原子炉 起動時		出 力 運転中		原子炉 待期中		燃 料 交換中		炉 内 検査中	
		連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠
2次冷却系ヒータ接触器盤 B													

注(7)

注(7) 第11表中の負荷運転容量456KVA は2次冷却系ヒータ接触器盤A, Bおよび2次補助冷却系ヒータ接触器盤の運転容量の和である。

4.1 非常系電源システムの運転と容量算定式

高速実験炉「常陽」の非常系電源系統C, D, Sの3系統と1HC, 1HD, 2HC および2HD の4系統より構成されている。

各系統は常時は外部電源を受電しているが、外部電源喪失時はディーゼル発電機により運転される。

CおよびD系統は工学的安全施設が接続されている。

S系統は工学的安全施設以外の設備でプラントの安全を維持するのに必要な負荷が接続されている。S系統はCおよびD系統の両方より受電でき、常時はどちらか一方から受電している。

1HC, 1HD, 2HCおよび2HD系統は1次冷却系および2次冷却系のNa予熱および加熱用ヒータが接続されており、外部電源喪失時はNaの保温に必要なヒータが投入される。

4.2 プラントの運転モード

3節に記載した炉運転モードは次の通り定義するものとする。

(1) 冷却材充填時

空気 \leftrightarrow Arガス置換 \rightarrow 150 $^{\circ}$ C予熱 \rightarrow ダンプタンクNa充填 \rightarrow 系へNa汲上げまで

(2) 原子炉起動時

加熱ヒータにて冷却材温度(150 $^{\circ}$ C \rightarrow 250 $^{\circ}$ C) \rightarrow 核加熱により冷却材温度(250 $^{\circ}$ C \rightarrow 370 $^{\circ}$ C) \rightarrow 定常出力運転まで

(3) 出力転転中

原子炉入口温度370 $^{\circ}$ Cにて定常運転中

(4) 原子炉待期中

冷却材温度250 $^{\circ}$ Cに保持し、原子炉待期中

(5) 燃料交換中

冷却材温度250 $^{\circ}$ C, 1次および2次主冷却系流量30%に保持し、燃料交換中

(6) 炉内検査中

冷却材温度150 $^{\circ}$ Cに保持し、炉内検査中

4.3 容量算定式

4.1に記載した通り、外部電源喪失時はディーゼル発電機は単独運転されているが、一方の発電機故障の場合は一台でプラントの安全を維持するために必要な負荷へ給電する事が必要である。

これらの負荷は下記のものである。

(1) CまたはD系統のどちらか一系統の工学的安全施設および無停電電源のチャージャ

(2) S系統のうち下記設備

(i) 電源喪失時に人間が居なければならない区域の空調

(ii) 建家の非常照明

(iii) 通信設備

(iv) 燃料取扱いおよび受入貯蔵設備のうち、その機能喪失が取扱い燃料の溶融の可能性のある設備

(v) その機能喪失により放射性物質が雰囲気へ漏洩する危険性があるもの

(vi) 放射線監視設備

(3) 1HC, 1HD, 2HCおよび2HD パワーセンタのヒータのうちNaの凍結防止のために必要なヒータ

以上より非常用ディーゼル発電設備の容量は次の式の通りとなる。

1) ディーゼル発電機

$$P_G > \Sigma P_{1C} \quad \text{or} \quad \Sigma P_{1D} \quad (\text{kVA}) \dots\dots\dots ①$$

ここで

ΣP_{1C} : 1Cメタクラ接続負荷の最大運転容量

$$= \alpha \left(\text{格納容量フロン冷凍機} + \frac{P_{2C} + P_{2S}}{\eta_{2C}} + \frac{P_{3C} + P_{3S}}{\eta_{3C}} \right) + \frac{P_{1HC} + P_{1HD}}{\eta_{1HC}} + \frac{P_{2HC} + P_{2HD}}{\eta_{2HC}} \dots\dots ②$$

ΣP_{1D} : 1Dメタクラ接続負荷の最大運転容量

$$= \alpha \left(\text{格納容器フロン冷凍機} + \frac{P_{2D} + P_{2S}}{\eta_{2D}} + \frac{P_{3D} + P_{3S}}{\eta_{3D}} \right) + \frac{P_{1HC} + P_{1HD}}{\eta_{1HD}} + \frac{P_{2HC} + P_{2HD}}{\eta_{2HD}} \dots\dots ③$$

α : 負荷率 = $\frac{\text{実動力}}{\text{定格動力}} = 0.9$ とする。

P_{2C} : 2Cパワーセンタ接続負荷の運転容量の和 (kVA)

$$= (2Cパワーセンタの連続運転負荷の和) + \frac{1}{2} \times (2Cパワーセンタの間欠運転負荷の和)$$

P_{2S} : 2C	"	"
P_{2D} : 2D	"	"
P_{3C} : 3C	"	"
P_{3S} : 3S	"	"
P_{3D} : 3D	"	"
P_{1HC} : 1HC	"	"
P_{1HD} : 1HD	"	"
P_{2HC} : 2HC	"	"
P_{2HD} : 2HD	"	"

η_{2C} : 2C パワーセンタ変圧器の効率 = 0.97 とする。

η_{2D} : 2D " "

η_{3C} : 3C " "

η_{3D} : 3D " "

η_{1HC} : 1HC " "

η_{1HD} : 1HD " "

η_{2HC} : 2HC " "

η_{2HD} : 2HD " "

2) ディーゼル機関

$$P_E = \frac{P_G \times \cos \varphi}{0.7355 \times \eta_G}$$
$$= \frac{P_G \times 0.8}{0.7355 \times 0.95} = 1.15 P_G \quad (\text{PS}) \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

ここで

P_E : ディーゼル機関の容量

P_G : ディーゼル発電機の容量

$\cos \varphi$: 負荷力率であり 0.8 とする。

η_G : 発電機効率であり 0.95 とする。

4.4 計算結果

第1表を②式、③式により換算すると次表の通りとなる。

No	炉 運 転 モ ー ド 負荷名称	負 荷 運 転 容 量 (kVA)					
		冷却材 充填時	原子炉 起動時	出 力 運 転 中	原子炉 待 期 中	燃 料 交 換 中	炉 内 検 査 中
①	格納容器フロン冷凍機	270	270	270	270	270	270
②	2CパワーセンタP _{2C}	1238	1238	1238	1238	1238	1237
③	2SパワーセンタP _{2S}	142	142	142	142	142	142
④	3CパワーセンタP _{3C}	110	110	110	110	110	110
⑤	3SパワーセンタP _{3S}	125	125	125	125	131	125
⑥	1HCパワーセンタP _{1HC}	144	144	144	144	144	144
⑦	1HDパワーセンタP _{1HD}						
⑧	2HCパワーセンタP _{2HC}	456	456	456	456	456	456
⑨	2HDパワーセンタP _{2HD}						
⑩	(P _{2C} +P _{2S})/0.97	1423	1423	1423	1423	1423	1422
⑪	(P _{3C} +P _{3S})/0.97	243	243	243	243	249	243
⑫	(P _{1HC} +P _{1HD})/0.97	149	149	149	149	149	149
⑬	(P _{2HC} +P _{2HD})/0.97	471	471	471	471	471	471
⑭	ΣP _{1C}	2363	2363	2363	2363	2368	2362

注(8) ①～⑨の負荷運転容量の数值は第1表の(連続負荷+1/2間欠負荷)の値である。

(9) ⑭は②式より求めた値である。即ち

$$\Sigma P_{1C} = 0.9 (① + ⑩ + ⑪) + ⑫ + ⑬$$

第1表および第2表より1Cメタクラと1Dメタクラの運転容量は全く同時であるので1Cメタクラの負荷運転容量についてのみ検討する。

上記表よりディーゼル発電機の負荷運転容量が最大となるのは燃料交換中であり、その負荷運転容量は2368kVAである。

従つて、ディーゼル発電機の定格容量は余裕を見込み2500kVAとする。

④式より、ディーゼル機関の容量P_Eは

$$P_E = 1.15 \times 2500 = 2880 \text{ PS}$$

従つて、ディーゼル機関の定格容量は余裕を見込み3000PSとする。

5 結 論

以上より非常用ディーゼル発電設備は下記の定格値の通り決定する。

機 器 名 称	定 格 値	必 要 容 量
ディーゼル発電機	2,500 kVA	2,380 2,368 PNC kVA
ディーゼル機関	3,000 PS	2,880 PS

以 上

ディーゼル発電機の必要容量の算出について

設計及び工事の方法の認可申請書（認可：昭和 48 年 3 月 7 日付け 48 原第 1839 号）の添付資料「電源設備容量計算書」より抜粋）に示すディーゼル発電機の必要容量（2,368kVA）は、非常用ディーゼル電源系に接続される負荷のうち、外部電源を喪失した場合に必要な負荷を考慮して設定したものである。当該容量の算出に当たって考慮した主要な負荷を以下に示す。

- ・ 原子炉停止及び原子炉停止後の炉心冷却に係る設備
例：1次主循環ポンプのポニーモータに関連する設備（1次主循環ポンプ潤滑油ポンプ、1次主循環ポンプ潤滑油冷却ファン）、原子炉停止に関連する設備（制御棒駆動機構駆動モータ、中性子検出器駆動モータ）
- ・ 工学的安全施設及び関連する補機類
例：コンクリート遮へい体冷却系に関連する設備（窒素ガスブロワ、補機冷却塔ブロワ、補機系揚水ポンプ）、1次・2次補助冷却系に関連する設備（循環ポンプ、循環ポンプの冷却ファン）、ディーゼル発電機の運転に関連する設備（ディーゼル冷却塔ブロワ、ディーゼル系揚水ポンプ、ディーゼル発電機燃料移送ポンプ、ディーゼル発電機潤滑油循環ポンプ、ディーゼル発電機室送排風機）
- ・ 外部電源喪失時に運転員等による作業に係る換気空調設備及び非常用照明
例：中央制御室再循環ファン、非常用照明
- ・ 放射性物質の閉じ込め（燃料交換作業中を含む。）に係る設備
例：アニュラス部排気系に関連する設備（アニュラス部排気ファン、非常用ガス処理装置ヒータ）、気体廃棄物の廃棄に関連する設備（廃棄ガス圧縮機）、監視に関連する設備（ダストモニタ）、燃料交換に関連する設備（燃料交換機孔ドアバルブ、燃料出入機ドアバルブ、燃料出入機用送風機、燃料取扱キャスクカー循環用ブロワ、燃料取扱キャスクカー巻上駆動装置、燃料洗浄槽循環ポンプ、原子炉附属建家水冷却池冷却水循環ポンプ）
- ・ 交流無停電電源系及び直流無停電電源系の蓄電池の充電
- ・ ナトリウムの固化の防止に係る設備（電気ヒータ）

なお、東日本大震災の際に、約 1 週間（2011 年 3 月 11 日～19 日）のディーゼル発電機の連続運転実績を有する。この際、コンクリート遮へい体冷却系窒素ガスブロワ（定格容量：0.22MW）を停止した状態であったが、ディーゼル発電機の出力は、約 1MW 以下で推移していた。コンクリート遮へい体冷却系窒素ガスブロワの運転を考慮しても、出力は約 1.3MW であり、ディーゼル発電機の定格容量は、実績値と比べて余裕があることを確認している。

ディーゼル発電機による給電可能時間

1. 給電可能時間の算定方法

ディーゼル発電機による給電可能時間は、以下の式を用いて計算する。

$$T_{\max} = F / (E \times P)$$

T_{\max} : 給電可能時間 (h)

F : 燃料貯留量 (ℓ)

E : 燃料消費率 (ℓ/MWh) ※ 241ℓ/MWh

P : 発電機出力 (MW)

ここで、ディーゼル発電機の燃料消費率は 241ℓ/MWh (実測値) とする。

2. 燃料貯留量

ディーゼル発電機の燃料 (A 重油) は、ディーゼル発電機の主貯油槽及び燃料小出槽並びにボイラー設備と共用の貯油槽に貯留される。

主貯油槽の容量は 6kℓ/基である。ただし、ここでは、保守的に主貯油槽の最大貯留量は 5kℓ/基とする。2 基の貯油槽を保有するため、燃料貯留量は 10kℓとなる。燃料小出槽については、約 1kℓ/基 (990ℓ/基) の容量を有するが、ここでは無視するものとする。

貯油槽の容量は 18.5kℓ/基である。ただし、ここでは、保守的に貯油槽の最大貯留量は 16kℓ/基とする。4 基の貯油槽を保有するため、燃料貯留量は最大で 64kℓとなる。燃料貯留量が 40kℓ (4kℓ×2 基+16kℓ×2 基) を下回らないタイミングで給油する運用としており、燃料貯留量は、40kℓ～64kℓで推移する。

以上より、原子炉施設における燃料貯留量は、最大 : 74kℓ、最少 : 50kℓとなる。

3. 発電機出力

ディーゼル発電機は、東日本大震災時に約 1 週間 (2011 年 3 月 11 日～19 日) の連続運転実績を有する。ディーゼル発電機 2 基の合計平均出力は 1.685MW であった。ただし、コンクリート遮へい体冷却系のブロワ (定格容量 : 0.22MW) を停止中であったことに鑑み、発電機出力は、1.905MW (1.685MW+0.22MW) とする。

4. ディーゼル発電機による給電可能時間の算定

燃料貯留量 : 50～74kℓ及び発電機出力 : 1.905MW より、ディーゼル発電機の給電可能時間は、約 108～約 161h (約 4.53～6.71d) である。

蓄電池容量の設定根拠

交流無停電電源系の蓄電池については、容量を 800Ah とし、非常用負荷のうち、交流無停電電源系に接続される負荷に対して 100%の容量を有し、かつ、2 時間の放電ができるものを 2 系統の交流無停電電源系に各 1 組 (合計:2 組) 設置する。直流無停電電源系の蓄電池については、容量を 1,800Ah とし、非常用負荷のうち、直流無停電電源系に接続される負荷に対して 100%の容量を有し、かつ、2 時間の放電ができるものを 2 系統の直流無停電電源系に各 1 組 (合計:2 組) 設置する。

当該容量の設定根拠を別添 1 (昭和 59 年 1 月 18 日付け 58 動燃 (高速) 088 : 設計及び工事の方法の認可申請書 (認可: 昭和 59 年 1 月 31 日付け 59 安 (原規) 第 5 号) の添付資料「蓄電池容量計算書」) に示す。交流無停電電源系の蓄電池について、容量 800Ah は、必要容量 (交流無停電電源系に接続する全ての負荷を対象) 650Ah を上回る。直流無停電電源系の蓄電池について、容量 1,800Ah は、必要容量 (直流無停電電源系に接続する全ての負荷を対象) 1,700Ah を上回る。なお、実測値に基づく交流無停電電源系及び直流無停電電源系の運転可能時間は、それぞれ 7.9 時間及び 7.5 時間である (別添 2 参照)。

添付書類Ⅱ

蓄電池容量計算書

目 次

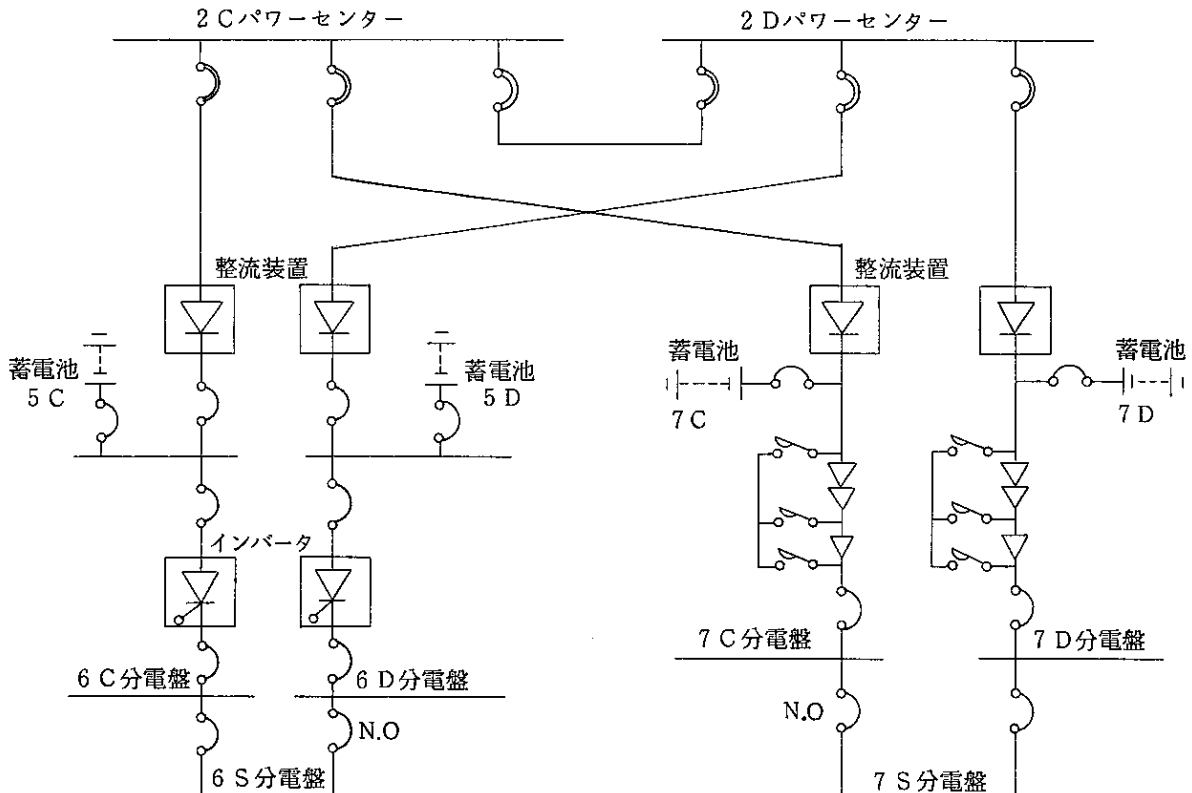
1. まえがき	1
2. 無停電電源系統	1
3. 無停電電源系統負荷及び負荷運転状況	1
4. 無停電電源系統の運転と容量算定式	1
4.1 無停電電源系統の運転	1
4.2 容量算定式	11
4.3 計算結果	15
5. 結 論	17

1. まえがき

本計算書は高速実験炉の下記交流無停電電源設備及び直流無停電電源設備の蓄電池の容量計算に関するものである。

2. 無停電電源系統

高速実験炉の無停電電源系統は下図のとおりである。



3. 無停電電源系統負荷及び負荷運転状況

交流無停電電源系統及び直流無停電電源系統に接続されている負荷及び負荷運転状況は次のとおりである。

- (1) 交流無停電電源系統 第1表
- (2) 直流無停電電源系統 第2表

4. 無停電電源系統の運転と容量算定式

4.1 無停電電源系統の運転

高速実験炉の無停電電源系統は交流無停電電源系統と直流無停電電源系統より構成されている。交流無停電電源系統は6C, 6S, 6Dの3系統より構成されており、常時は外部電源にて運転されているが、外部電源喪失時はディーゼル発電機により運転されるまで蓄電池より給電され

る。6 C, 6 D系統は原子炉保護系, 核計装, 工学的安全施設などの重要な負荷が接続されている。6 S系統はプラントの安全を維持するために必要な負荷が接続されており, 6 C及び6 D系統の両方より受電でき, 常時はどちらか一方から受電している。

直流無停電電源系統は7 C, 7 S, 7 Dの3系統より構成されており, 交流無停電電源系統と同じく常時は外部電源にて運転されているが, 外部電源喪失時はディーゼル発電機により運転されるまで蓄電池より給電されている。7 C, 7 S, 7 D系統の負荷及び運転については6 C, 6 S及び6 D系統のそれに準ずる。

第1表 交流無停電電源系統負荷運転状況表

電源系統	負荷名称	数量	容量/1台	運転負荷電流 (A)						負荷電流-放電時間 特性に対する考え方	備考
				スクラム直後	スクラム後30分後	スクラム後60分後	スクラム後90分後	スクラム後120分後	スクラム後120分後		
交流無停電	中央制御室分電盤6C 。1次冷却系補助計器盤	1式	3A	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	スクラム直後より120分後まで連続運転	運転負荷電流については11頁の①式による。
	。1次冷却系補助継電器盤	1式	3A	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8		
	。2次冷却系制御盤	1式	0.25kVA	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1		
	。原子炉保護系&プラント補助系	1式	3.5kVA	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4		
	。保物計装電源	1式	0.1kVA	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9		
6C系	主冷却機建物分電盤6C 。現場盤設置計器	1式	0.5kVA	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2		
	。現場設置計器	1式	0.5kVA	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2		
	。バルブ	1式	0.5kVA	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2		
	1次冷却系電磁流量計6C	1ヶ	2.5kW	21	21	0	0	0	0	スクラム直後より30分間連続運転されるものとする。	

電源 系統	負 荷 名 称	数 量	容 量 / 1 台	運 転 負 荷 電 流 (A)						負荷電流-放電時間 特性に対する考え方	備 考
				スクラム 直 後	スクラムよ り 30 分後	スクラムよ り 60 分後	スクラムよ り 90 分後	スクラムよ り 120 分後			
交 流 無 停 電 6 S 系 統	中央制御室分電盤 6 S	1 式	5 A	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	スクラム直後より 120分後まで連続 運転	
	◦ 1次冷却系中央制御盤										
	◦ 原子炉保護系&プラント補助系	1 式	3.0kVA	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2		
	◦ 通 信 設 備	1 式	27 A	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	24.9		
	◦ 保物計装電源	1 式	2.5kVA	21	21	21	21	21	21		
	原子炉付属建家分電盤 6 S										
	◦ 燃料受入貯蔵設備計装	1 式	0.5kVA	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	同 上	
	◦ 燃料洗浄設備計装	1 式	0.5kVA	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2		
	原子炉建家分電盤 6 S										
	◦ 回転プラグ計器	1 式	0.3kVA	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	同 上	
	◦ 回転プラグ補助盤	1 式	0.3kVA	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5		
	◦ 燃料取扱系計装電源	1 式	0.3kVA	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2		
2次補助冷却系分電盤											
◦ 現場盤設置計器	1 式	0.3kVA	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	同 上		
◦ 現場設置計器	1 式	0.3kVA	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5			

電源 系統	負 荷 名 称	数量	容量／1台	運 転 負 荷 電 流 (A)						負荷電流－放電時間 特性に対する考え方	備 考	
				スクラム 直 後	スクラムよ り30分後	スクラムよ り60分後	スクラムよ り90分後	スクラムよ り120分後	スクラムよ り120分後			
交 流 無 停 電	中央制御室分電盤6D											
	。1次冷却系補助計器盤	1式	3A	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	スクラム直後より 120分後まで連続 運転		
	。1次冷却系補助継電器盤	1式	3A	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8			
	。2次冷却系制御盤	1式	0.25kV	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1			
	。原子炉保護系&プラント補助系 。保物計装電源	1式 1式	3.5kVA 0.1kVA	29.4 0.9	29.4 0.9	29.4 0.9	29.4 0.9	29.4 0.9	29.4 0.9			
電 6 D 系 統	主冷却機建家分電盤											
	。現場設置計器	1式	0.5kVA	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	同上		
	。現場設置計器	1式	0.5kVA	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2			
	。バ ル ブ	1式	0.5kVA	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2			
	1次冷却系電磁流量計	1ヶ	2.5kW	21	21	0	0	0	0	スクラム直後より 30分間連続運転 されるものとする。		

第2表 直流無停電電源系統負荷運転状況表

電源系統	負荷名称	数量	容量/1台	運転負荷電流 (A)						負荷電流-放電時間 特性に対する考え方	備考	
				スクラム直後	スクラム後30分後	スクラム後60分後	スクラム後90分後	スクラム後120分後	スクラムより120分後			
直流無停電	中央制御室分電盤7C 。1次冷却系補助継電器盤 。2次冷却系制御盤 。原子炉保護 & プラント補助系 。電源監視盤	1式 1式 1式 1式	8A 0.8kW 0.8kW 0.8kW	8 8 8 8	8 8 8 8	8 8 8 8	8 8 8 8	8 8 8 8	スクラム直後より 120分後まで連続 運転			
	ポニーモータ	1ヶ	2.5kW	31.3	31.3	31.3	31.3	31.3	31.3	同上	モータ効率 を0.8とす る。	
	電源設備操作電源盤7C 。メタクラ制御電源 。パワーセンタ制御電源 。No.1ディーゼル制御電源 。しゃ断器投入電源 。トリップ電源	1式 1式 1式 1式 1式	0.4kW 0.8kW 0.4kW 60A 27A	4 8 4	4 8 4	4 8 4	4 8 4	4 8 4	4 8 4	4 8 4	同上	1A×3台 TCB 2A×12台 ACB

電源 系統	負荷名称	数量	容量/1台	運 転 負 荷 電 流 (A)						負荷電流-放電時間 特性に対する考え方	備 考
				スクラム 直 後	スクラム 後 30分後	スクラム 後 60分後	スクラム 後 90分後	スクラム 後 120分後	スクラム 後 120分後		
直 流	主冷却機建家分電盤7C 。現場盤了ナシシュータ 。機器操作用電源 。バルブ	1式	0.8kW	8	8	8	8	8	8	スクラム直後より 120分後まで連続 運転	
		1式	0.8kW	8	8	8	8	8	8		
		1式	0.8kW	8	8	8	8	8	8		
無 停 電 7 C 系 統	直流照明分電盤7C 。原子炉建家非常灯 。原子炉付属建家非常灯 。中央制御室非常灯 。主冷却機建家非常灯 。メンテナンス建家非常灯 。廃棄物処理建家非常灯	1式	12	12	12	12	12	12	12	スクラム直後より 120分後まで連続 運転	
		1式	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8		
		1式	6	6	6	6	6	6	6		
		1式	18.4	18.4	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	スクラム直後より 30分間は100% 運転, 30分より 120分までは50 %運転	
		1式	4.8	4.8	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4		
		1式	2	2	1	1	1	1	1		

電源 系統	負 荷 名 称	数 量	容 量 / 1 台	運 転 負 荷 電 流 (A)					負 荷 電 流 - 放 電 時 間 特 性 に 対 す る 考 え 方	考 備	
				ス ク ラ ム 直 後	ス ク ラ ム よ り 30 分 後	ス ク ラ ム よ り 60 分 後	ス ク ラ ム よ り 90 分 後	ス ク ラ ム よ り 120 分 後			
直 流 無 停 電 7 S 系 統	2次補助冷却系分電盤 7 S 。2次補助冷却系現場盤 。機器操作用電源 。ホットレグ止弁 。コールドレグ止弁	1式	1.0kW	8	8	8	8	8	スクラム直後より 120分後まで連続 運転		
		1式	1.0kW	8	8	8	8	8			
		1式	0.26kW								通常時は運転しな いので負荷容量と しては考えない。
		1式	0.26kW								
		1ケ	0.2kW								
	原子炉付建家分電盤 7 S 。1次冷却系電動弁	(V 32.1 - 1)	1ケ	0.2kW							止 弁 アイソレー ション・バ ルブ (Normal open) アイソレー ション・バ ルブ (Normal close)
		(V 32.1 - 3)	1ケ	0.2							
		(V 32.1 - 4)	1ケ	0.2							
		(V 32.1 - 6)	1ケ	0.2							
		(V 32.1 - 7)	1ケ	0.2							
		(V 34.1 - 22)	1ケ	1.5					*	75A	
		(V 34.1 - 24)	1ケ	1.5						75A	
		(V 36.1 - 6)	1ケ	0.2						10A	
		(V 36.1 - 38)	1ケ	0.4						20A	
(V 71 - 35)	1ケ	0.2						10A			
(V 71 - 4)	1ケ	1.5									
(V 71 - 5)	1ケ	1.5									
(V 71 - 9)	1ケ	1.5									
(V 71 - 10)	1ケ	1.5									
(V 35.1 - 14)	1ケ	0.2									

電源系統	負荷名称	数量	容量/1台	運転負荷電流 (A)						負荷電流-放電時間 特性に対する考え方	備考
				スクラム直後	スクラム後30分後	スクラム後60分後	スクラム後90分後	スクラム後120分後	スクラム後120分後		
直流無停電7D系統	<ul style="list-style-type: none"> 1次冷却系現場制御盤 1次冷却系ポンプ制御盤 1次系Na漏洩検出器機 	1式 1式 1式	44A	44	44	44	44	44	44	スクラム直後より120分後まで連続運転	
	中央制御室分電盤7S										
	<ul style="list-style-type: none"> 1次冷却系中央制御盤 安全容器計装盤 原子炉まわり計装盤 2次冷却系計装盤 	1式 1式 1式 1式	16A 4A 1.2kW 1.2kW	16 4 12 12	16 4 12 12	16 4 12 12	16 4 12 12	16 4 12 12	同上		
	原子炉建家分電盤7S										
	回転プラグアナライザ	1式	0.4kW	4	4	4	4	4	4		
	電源設備操作電源盤7S										
	<ul style="list-style-type: none"> メタクラ制御電源 パワーセクション制御電源 しゃ断器投入電源 トリップ電源 	1式 1式 1式 1式	0.4kW 0.8 52A	4 8 52	4 8	4 8	4 8	4 8	4 8	<ul style="list-style-type: none"> *電源設備操作電源盤7Cのしゃ断器投入と重なる事はないので負荷として考えない。 	<ul style="list-style-type: none"> 1A×10ヶTCB 2A×26ヶACB

電源系統	負荷名称	数量	容量/1台	運転負荷電流 (A)					負荷電流-放電時間 特性に対する考え方	備考	
				スクラム直後	スクラム後30分後	スクラム後60分後	スクラム後90分後	スクラム後120分後			
直流無停電7D系統	中央制御室分電盤7D 。1次冷却系補助継電器盤 。2次冷却系制御盤 。原子炉保護系&プラント補助系 。電源監視盤	1式 1式 1式 1式	8A 0.8kW 0.8kW 0.8kW	8	8	8	8	8	8	スクラム直後より120分後まで連続運転	
	ボニーモータ	1ヶ	2.5	31.3	31.3	31.3	31.3	31.3	31.3	同上	モータ効率を0.8とする。
	電源設備操作電源盤7D 。メタクラ制御電源 。パワーセンター制御電源 。No.2ディーゼル制御電源 。しゃ断器投入電源 トリップ電源	1式 1式 1式 1式 1式	0.4kW 0.8kW 0.4kW 60A 27A	4	4	4	4	4	4	同上	1A×3台 TCB 2A×12台 ACB
	主冷却機建家分電盤7D 。現場盤アナシニエータ 。機器操作用電源 。バルブ	1式 1式 1式	0.8kW 0.8kW 0.8kW	8	8	8	8	8	8	スクラム直後より120分後まで連続運転	

4.2 容量算定式

(1) 交流無停電系蓄電池の容量算定式

1) 容量算定に対する考え方

(a) 蓄電池, 整流装置, インバータはそれぞれ2組にて構成されているが1組の故障時でもプラントを安全に維持するために必要な負荷に給電できる容量を持つものとする。

即ち, プラントの安全を維持するためには6C又は6D系統の一方と6S系統の負荷を運転できれば良いので, 6C系統故障時は6Dと6S系統の運転負荷に給電でき, 6D系統故障時は6Cと6S系統の運転負荷に給電できるものとする。また7C, 7D及び7S系統についても同様である。

(b) 蓄電池については次のとおりとする。

イ) 放電時間 2時間

ロ) 保守率 0.8

ハ) 最低蓄電池温度 5℃

ニ) 放電末期の最低蓄電池電圧

交流無停電系蓄電池 180 V

直流無停電系蓄電池 95 V

ホ) 蓄電池個数

交流無停電系蓄電池 106セル

直流無停電系蓄電池 54セル

従って単電池当りの許容最低電圧は,

交流無停電系蓄電池 1.70 V/セル (= 180 / 106)

直流無停電系蓄電池 1.76 V/セル (= 95 / 54)

ヘ) 蓄電池の放電特性

・交流無停電電源系統は第2図とする。

(注1) 第1表の運転負荷電流は下式より算出した値である。

$$\left. \begin{aligned} I_B &= \frac{I_L \times E_L(V)}{\eta_{INV} \times E_B(V)} = \frac{I_L \times 110}{0.7 \times 170} = 0.925 I_L \\ \text{又は} \quad \frac{P_L}{\eta_{INV} \times E_B} &= \frac{P_L}{0.7 \times 170} = 0.00843 P_L \end{aligned} \right\} \dots\dots ①$$

ここで I_B : 蓄電池放電電流(A)

E_B : 蓄電池最低負荷電圧で蓄電池より負荷までのケーブルによる電圧降下を
10 Vとするので E_B は $180 - 10 = 170$ Vとなる。

I_L : 負荷電流 (A)

E_L : 負荷電圧 (V)

P_L : 負荷容量 (kVA)

η_{INV} : インバータ効率で0.7とする。

(注2) 第1表中, 1次冷却系電磁流量計はスクラム後より30分間運転されるものとし, 効率を80%とした。

◦ 直流無停電電源系統 第3図とする。

(注3) 第2表中, ポニーモータは効率を80%とした。

(注4) 1次冷却系電動弁

第2表中, 1次冷却系の電動弁は止弁とアイソレーションバルブが同時に運転される事はないので, 運転容量の大きい常時開のアイソレーションバルブのみ蓄電池の容量に考慮するものとし, 電動弁の起動電流は定格電流の5倍とした。

また, 2次補助冷却系のホットレグ及びコールドレグの止弁は蓄電池の容量には考慮しないものとした。

(注5) シャ断器の投入

シャ断器の投入電流は60A (パワーセンタシャ断器ACB投入時) であるが, アイソレーション動作とシャ断器の投入動作が同時に行われる事は考えない。

(2) 蓄電池の容量算定式

日本蓄電池工業会規格 SBA 6001 - 1982 によるものとする。

据置蓄電池容量算出の一般式

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

ここに, C : 25℃における定格放電率換算容量 (Ah)

L : 保守率

K : 放電時間T, 蓄電池の最低温度及び許容できる最低電圧により決められる容量換算時間 (時)

I : 放電電流 (A)

サフィックス 1, 2, 3, …… n : 放電電流の変化の順に番号を付したT, K, Iで図1の負荷特性の例による。

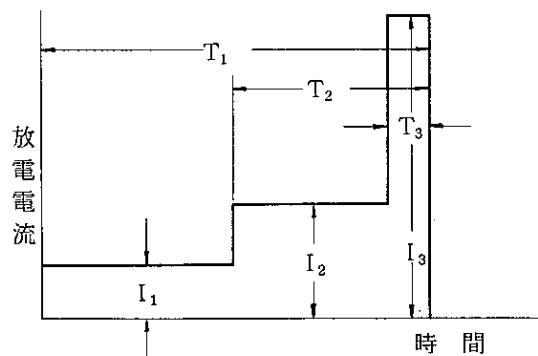
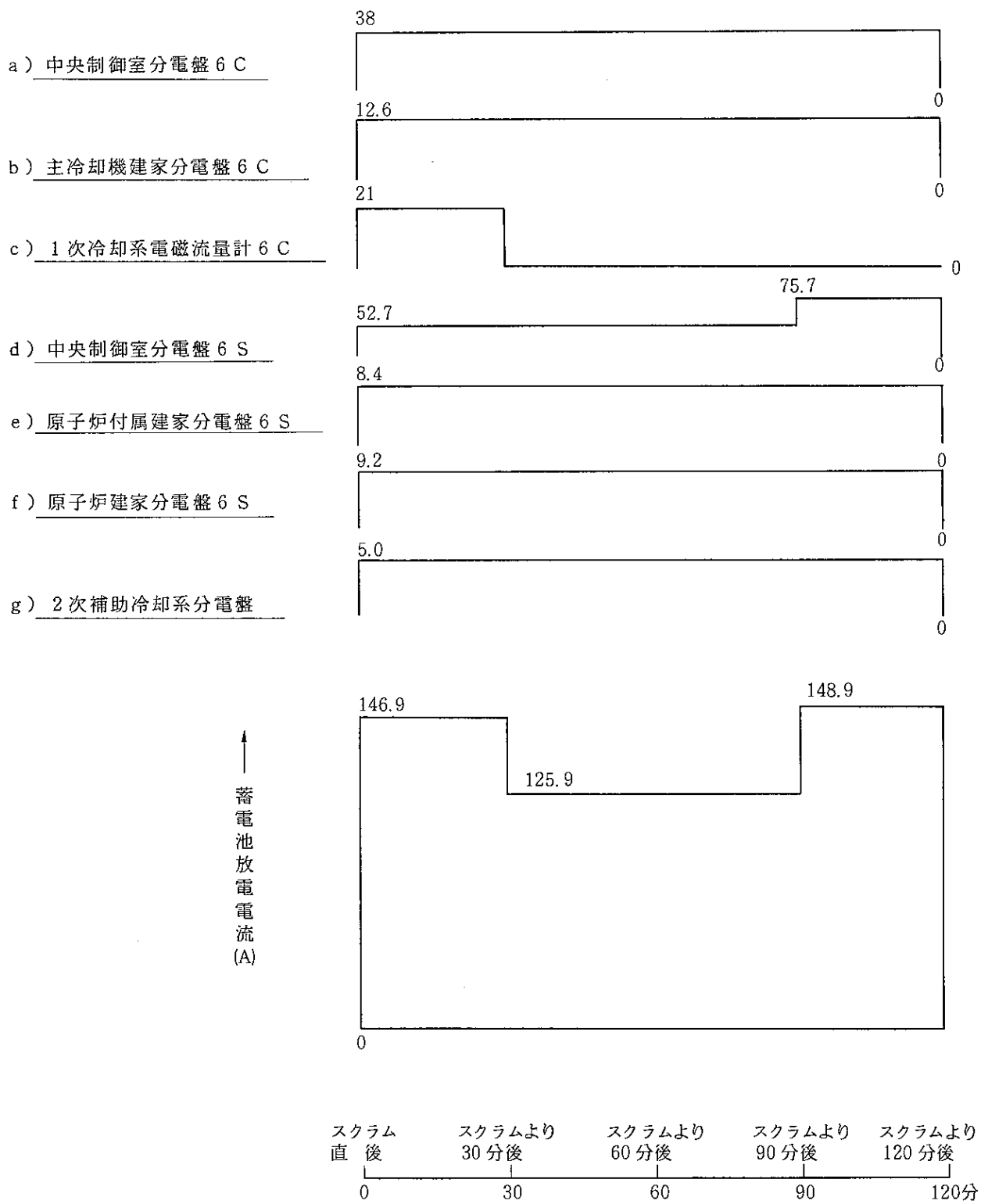


図1



(注) C系統及びD系統は全く同じであるので最大放電電流はC系統とS系統を運転した場合を考える。

第2図 交流無停電電源系統蓄電池放電特性

a) 中央制御室分電盤 7 C

b) ポニーモーター

c) 電源設備操作電源盤 7 C

d) 主冷却機建家分電盤 7 C

e) 直流照明分電盤 7 C

f) 2次補助冷却系分電盤 7 S

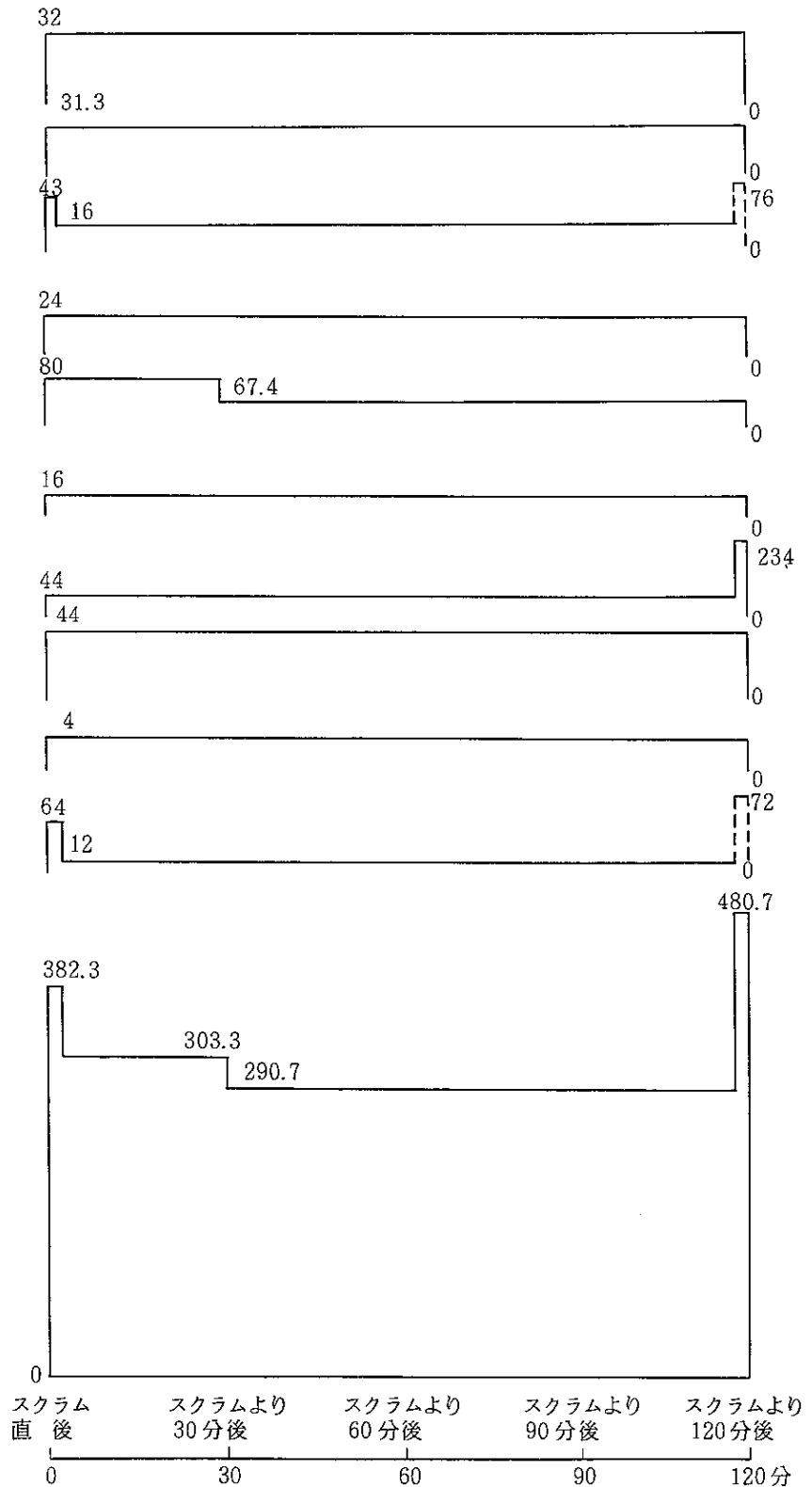
g) 原子炉付属建家分電盤 7 S

h) 中央制御室分電盤 7 S

i) 原子炉建家分電盤 7 S

j) 電源設備操作電源盤 7 S

蓄電池放電電流 (A)



(注) C系統とD系統の負荷はC系統の方が大きいので最大放電電流はC系統とS系統を運転した場合を考える。

蓄電池放電時間

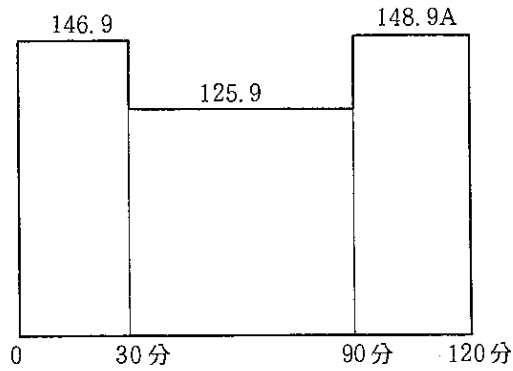
第3図 直流無停電電源系統蓄電池放電特性

4.3 計算結果

(1) 交流無停電系電源設備

1) 蓄電池

。13頁の第2図より交流無停電系蓄電池の放電特性は左図のとおりである。



(a) Case Aの場合

$$I_1 = 146.9 \text{ A} \quad T_1 = 30 \text{ 分} \quad K_1 = 1.8$$

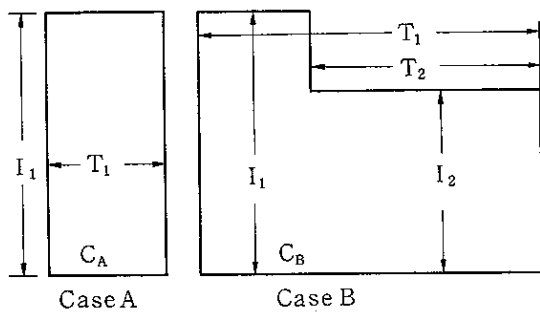
$$\begin{aligned} \therefore C_A &= \frac{1}{0.8} \times 146.9 \times 1.8 \\ &= 330.5 \text{ AH}/10\text{HR} \end{aligned}$$

(b) Case Bの場合

$$I_1 = 146.9 \text{ A} \quad T_1 = 90 \text{ 分} \quad K_1 = 3.1$$

$$I_2 = 125.9 \text{ A} \quad T_2 = 60 \text{ 分} \quad K_2 = 2.5$$

$$\begin{aligned} \therefore C_B &= \frac{1}{0.8} \times \left\{ 3.1 \times 146.9 + 2.5 \times (125.9 - 146.9) \right\} \\ &= 504 \text{ AH}/10\text{HR} \end{aligned}$$



Case A

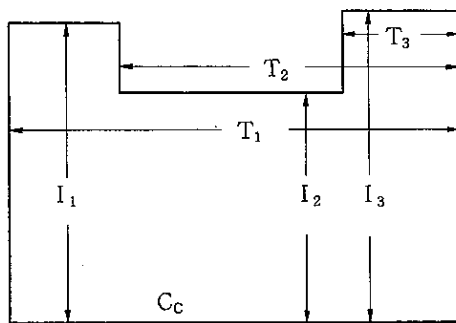
Case B

(c) Case Cの場合

$$I_1 = 146.9 \text{ A} \quad T_1 = 120 \text{ 分} \quad K_1 = 3.7$$

$$I_2 = 125.9 \text{ A} \quad T_2 = 90 \text{ 分} \quad K_2 = 3.1$$

$$I_3 = 148.9 \text{ A} \quad T_3 = 30 \text{ 分} \quad K_3 = 1.8$$



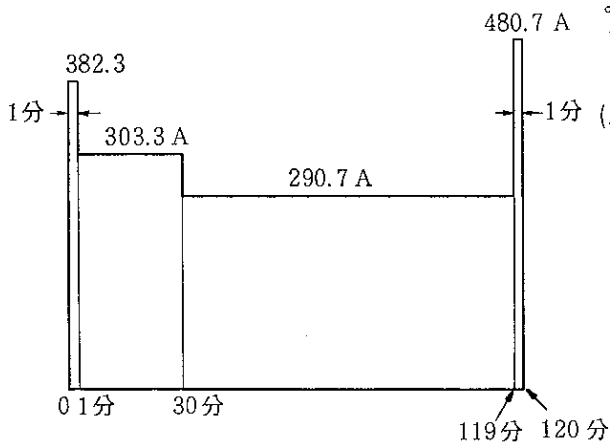
Case C

$$\begin{aligned} \therefore C_c &= \frac{1}{0.8} \left\{ 3.7 \times 146.9 + 3.1 \times (125.9 - 146.9) + 1.8 \times (148.9 - 125.9) \right\} \\ &= 650 \text{ AH}/10\text{HR} \end{aligned}$$

従って交流無停電系蓄電池は余裕を見込み 800 AH/10 HR とする。

(2) 直流無停電電源設備

1) 蓄電池



。14頁の第3図より直流無停電系統蓄電池の放電特性は左図のとおりである。

(a) Case Aの場合

$$I_1 = 382.3 \text{ A} \quad T_1 = 1 \text{ 分} \quad K = 1.15$$

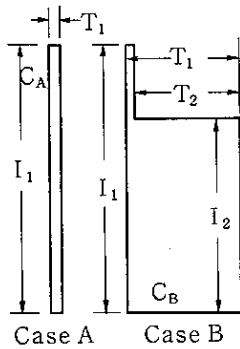
$$\begin{aligned} \therefore C_A &= \frac{1}{0.8} \times 1.15 \times 382.3 \\ &= 549.5 \text{ AH}/10 \text{ HR} \end{aligned}$$

(b) Case Bの場合

$$I_1 = 382.3 \text{ A} \quad T_1 = 30 \text{ 分} \quad K_1 = 2.1$$

$$I_2 = 303.3 \text{ A} \quad T_2 = 29 \text{ 分} \quad K_2 = 2.1$$

$$\begin{aligned} \therefore C_B &= \frac{1}{0.8} \{ 2.1 \times 382.3 + 2.1 \times \\ &\quad (303.3 - 382.3) \} \\ &= 796 \text{ AH}/10 \text{ HR} \end{aligned}$$



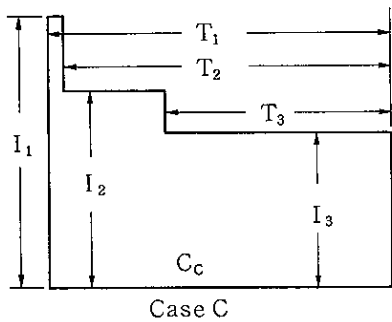
(c) Case Cの場合

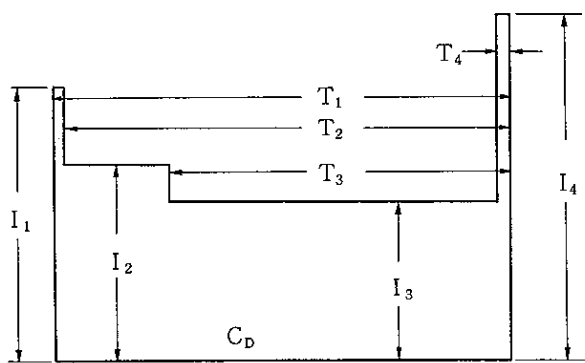
$$I_1 = 382.3 \text{ A} \quad T_1 = 119 \text{ 分} \quad K_1 = 3.9$$

$$I_2 = 303.3 \text{ A} \quad T_2 = 118 \text{ 分} \quad K_2 = 3.9$$

$$I_3 = 290.7 \text{ A} \quad T_3 = 89 \text{ 分} \quad K_3 = 3.3$$

$$\begin{aligned} \therefore C_C &= \frac{1}{0.8} \{ 3.9 \times 382.3 + 3.9 \times \\ &\quad (303.3 - 382.3) + \\ &\quad 3.3 \times (290.7 - 303.3) \} \\ &= 147.7 \text{ AH}/10 \text{ HR} \end{aligned}$$





(d) Casc Dの場合

$I_1 = 382.3 \text{ A}$	$T_1 = 120 \text{ 分}$	$K_1 = 3.9$
$I_2 = 303.3 \text{ A}$	$T_2 = 119 \text{ 分}$	$K_2 = 3.9$
$I_3 = 290.7 \text{ A}$	$T_3 = 90 \text{ 分}$	$K_3 = 3.3$
$I_4 = 480.7 \text{ A}$	$T_4 = 1 \text{ 分}$	$K_4 = 1.15$

Case D

$$\begin{aligned}
 \therefore C_D &= \frac{1}{0.8} \{ 3.9 \times 382.3 + 3.9 \times (303.3 - 382.3) + 3.3 \times (290.7 - 303.3) \\
 &= + 1.15 \times (480.7 - 290.7) \} \\
 &= 1700 \text{ AH} / 10 \text{ HR}
 \end{aligned}$$

従って直流無停電系蓄電池は余裕を見込み 1800 AH / 10 HR とする。

5. 結 論

以上より蓄電池の容量は下記の定格値のとおり決定する。

	定 格 値	必 要 容 量
交流無停電系蓄電池	800 AH / 10 HR	650 AH / 10 HR
直流無停電系蓄電池	1800 AH / 10 HR	1700 AH / 10 HR

交流無停電電源系及び直流無停電電源系の運転可能時間

1. 容量算定式

電池工業会協会規格 SBA S0601-2014 の定格放電率換算容量計算式を用いる。

$$C=1/L \times \{ K_1 I_1 + K_2 (I_2 - I_1) \cdot \cdot \cdot + K_n (I_n - I_{(n-1)}) \}$$

C：定格放電率換算容量 (Ah)

L：保守率=0.8 (経年による劣化を考慮した係数で一般的に 0.8 としている。)

K：容量換算時間 (h) (容量換算時間特性曲線から求める。)

I：蓄電池放電電流 (A)

n：放電電流の変化順の番号

2. 計算結果

外部電源喪失後の蓄電池放電電流の変動は短時間 (100 秒以内) に収まるため、その間の変動は無視し、全交流動力電源喪失時の負荷での安定した放電電流値を用いる。外部電源喪失時の交流無停電電源系及び直流無停電電源系蓄電池の最大放電電流は第 1 表に示すとおりである。

(1) 交流無停電電源系

交流無停電電源系における最大放電電流は、62A である。蓄電池の容量は 800Ah であり、交流無停電電源系に接続される負荷に対して 100% の容量を有する。C=1/L×(KI) より、容量換算時間 K は 10.3 時間 (=L×C/I=0.8×800/62=10.3 時間) であり、容量換算時間 10.3 時間の放電時間は容量換算時間特性曲線から **7.9 時間** である。

(2) 直流無停電電源系

直流無停電電源系における最大放電電流は、145A である。蓄電池の容量は 1,800Ah であり、直流無停電電源系に接続される負荷に対して 100% の容量を有する。C=1/L×(KI) より、容量換算時間 K は 9.9 時間 (=L×C/I=0.8×1800/145=9.9 時間) であり、容量換算時間 9.9 時間の放電時間は容量換算時間特性曲線から **7.5 時間** である。

第 1 表 外部電源喪失時の交流無停電電源系及び直流無停電電源系の最大放電電流

【交流無停電電源系】

交流無停電電源系負荷容量及び蓄電池放電電流 (平成 29 年 4 月 4 日)*1

	6C	6D
負荷容量	121A (6S 系統の 87A を含む)	35A
蓄電池 放電電流	58A (6S 系統相当分 42A)	20A

S 系統の負荷を C 系統又は D 系統で運転した場合の蓄電池放電電流

	6C+6S 負荷	6D+6S 負荷	最大放電電流
蓄電池 放電電流	58A	62A	62A

【直流無停電電源系】

直流無停電電源負荷容量及び蓄電池放電電流 (平成 29 年 4 月 4 日)*1

	7C	7D
負荷容量	120A	50A (7S 系統の 20A 含む)
蓄電池 放電電流	122A	56A (7S 系統相当分 23A)

S 系統の負荷を C 系統又は D 系統で運転した場合の蓄電池放電電流

	7C+7S 負荷	7D+7S 負荷	最大放電電流
蓄電池 放電電流	145A	56A	145A

* 1 : 外部電源喪失時の交流無停電電源系及び直流無停電電源系の負荷容量に係るデータを採取するため、外部電源喪失試験を実施

添付 1 設置許可申請書における記載

5. 試験研究用等原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備

ヌ. その他試験研究用等原子炉の附属施設の構造及び設備

(1) 非常用電源設備の構造

原子炉施設には、外部電源が喪失した場合において、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給し、また、計測制御系統、安全保護回路、原子炉停止系統、原子炉冷却系統等の機能とあいまって、燃料の許容設計限界を超えないよう、炉心からの核分裂生成物の崩壊熱を除去できるとともに、停止後、一定時間、炉心の強制冷却を必要とする場合にあっては、崩壊熱を除去する設備に電源を供給するための非常用電源設備として、ディーゼル発電機及び蓄電池並びに電力供給設備（非常用母線切替回路及びケーブル等）を設ける。非常用電源設備及びその附属設備は、多重性又は多様性並びに独立性を確保し、その系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものとする。また、蓄電池については、全交流動力電源喪失（外部電源喪失及び非常用ディーゼル電源系喪失）時に原子炉を安全に停止し、又はパラメータを監視する設備の動作に必要な容量を有するものとする。

(i) ディーゼル発電機

容量 約 2,500kVA

基数 2基

主な負荷 1次補助冷却系及び2次補助冷却系

格納容器雰囲気調整系

補機冷却設備

(ii) 蓄電池

組数 4組

主な負荷 原子炉保護系

1次主冷却系（1次主循環ポンプポニーモータ）

中央制御室制御盤

(3) その他の主要な事項

(i) 常用電源

原子炉施設は、大洗研究所（南地区）南受電所から 66kV 配電線 1 回線で商用電源（外部電源）を受電する。

添付 2 設置許可申請書の添付書類における記載（安全設計）

添付書類八

1. 安全設計の考え方

1.1 安全設計の方針

1.1.1 基本の方針

原子炉施設は、以下の基本の方針のもとに安全設計を行い、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」等の関係法令の要求を満足するとともに、「設置許可基準規則」に適合する設計とする。

- (6) 原子炉施設は、大洗研究所（南地区）南受電所から 66 kV 配電線 1 回線で商用電源（外部電源）を受電する。また、原子炉施設は、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給するため、電力系統に連系するように設計するものとし、外部電源が喪失した場合において、計測制御系統、安全保護回路、原子炉停止系統、原子炉冷却系統等の機能とあいまって、燃料の許容設計限界を超えないよう、炉心からの核分裂生成物の崩壊熱を除去できるとともに、停止後、一定時間、炉心の強制冷却を必要とする場合にあっては、崩壊熱を除去する設備に電源を供給する等、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給するための非常用電源設備として、ディーゼル発電機及び蓄電池、並びに電力供給設備（非常用母線切替回路及びケーブル等）を設ける。安全施設へ電力を供給するために使用する保安電源設備は、機器の損壊、故障その他の異常を検知するとともに、その拡大を防止できるものとする。
- (7) 非常用電源設備及びその附属設備は、多重性又は多様性並びに独立性を確保し、その系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものとする。

1.2 安全機能の重要度分類

1.2.4 重要安全施設の選定

重要安全施設については、「外部からの衝撃による損傷の防止」、「信頼性に対する設計上の考慮」及び「電気系統に対する設計上の考慮」の観点で、安全施設のうち、安全機能の重要度が特に高い安全機能を有するものとして選定する。

(3) 電気系統に対する設計上の考慮を必要とする重要安全施設

「研究炉の重要度分類の考え方」を参考に、その機能、構造及び動作原理を考慮し、以下の施設を電気系統に対する設計上の考慮を必要とする重要安全施設とする（第1.2.5表参照）。

(i) MS-1のうち、外部電源が利用できない場合に動的機能を必要とする構築物、系統及び機器（ただし、外部電源が利用できない場合にフェイルセーフの構造及び動作原理を有するものを除く。）

(ii) MS-2のうち、異常状態発生時に、周辺の公衆に過度の放射線被ばくを与えることを防止するために、異常状態の緩和及び放射性物質の閉じ込め機能を果たすべき構築物、系統及び機器

原子炉施設は、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給するため、電力系統に連系するように設計する。

第 1.2.5 表 電気系統に対する設計上の考慮を必要とする重要安全施設

分類	機能	構築物、系統又は機器	特記すべき関連系*
MS-1	原子炉の緊急停止及び未臨界維持機能	① 制御棒 ② 制御棒駆動系 1) 駆動機構 2) 上部案内管 ③ 後備炉停止制御棒 ④ 後備炉停止制御棒駆動系 1) 駆動機構 2) 上部案内管 3) 下部案内管	
	1次冷却材漏えい量の低減機能	① 1次補助冷却系 1) サイフォンブレイク弁 ② 1次予熱室素ガス系 1) 仕切弁	① 関連するプロセス計装 (ナトリウム漏えい検出器)
	原子炉停止後の除熱機能	① 1次主冷却系 1) 1次主循環ポンプポニーモータ	
	放射性物質の閉じ込め機能	① 格納容器バウンダリに属する弁	
	工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	① 原子炉保護系 (スクラム) ② 原子炉保護系 (アイソレーション)	① 関連する核計装 ② 関連するプロセス計装
MS-2	放射線の遮蔽及び放出低減機能	① アンユラス部排気系 1) アンユラス部排気系 (アンユラス部常用排気フィルタを除く。) ② 非常用ガス処理装置	
	事故時のプラント状態の把握機能	① 事故時監視計器の一部	

* : 上記関連系は、当該系と同位の重要度を有するものとする。

添付 3 設置許可申請書の添付書類における記載（適合性）

添付書類八

1. 安全設計の考え方

1.8 「設置許可基準規則」への適合

(保安電源設備)

第二十八条 試験研究用等原子炉施設は、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給するため、電力系統に連系したものでなければならない。

2 試験研究用等原子炉施設には、非常用電源設備を設けなければならない。

3 非常用電源設備及びその附属設備は、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保し、その系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものでなければならない。ただし、次の各号のいずれかに該当する場合は、この限りでない。

一 外部電源を喪失した場合その他の非常の場合において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備へ電気を供給するための発電設備が常時作動している場合

二 工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備が、無停電電源装置に常時電氣的に接続されている場合

三 外部電源を喪失した場合であって、次に掲げる全ての要件を満たす場合

イ 換気設備（非常用のものに限る。）を作動させる必要がないこと。

ロ 試験研究用等原子炉を未臨界に移行することができ、かつ、低温状態において未臨界を維持することができること。

ハ 燃料体の崩壊熱を適切に除去することができること。

適合のための設計方針

1 について

原子炉施設は、大洗研究所（南地区）南受電所から 66kV 配電線 1 回線で商用電源（外部電源）を受電する。原子炉施設は、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給するため、電力系統に連系するように設計する。ここでの「重要安全施設」は、「研究炉の重要度分類の考え方」を参考に、その機能、構造及び動作原理を考慮し、以下に属する施設より選定するものとする。

(1) MS-1 のうち、外部電源が利用できない場合に動的機能を必要とする構築物、系統及び機器（ただし、外部電源が利用できない場合にフェイルセーフの構造及び動作原理を有するものを除く。）

(2) MS-2 のうち、異常状態発生時に、周辺の公衆に過度の放射線被ばくを与えることを防止するために、異常状態の緩和及び放射性物質の閉じ込め機能を果たすべき構築物、系統及び機器

2 について

原子炉施設には、外部電源が喪失した場合において、計測制御系統、安全保護回路、原子炉停止系統、原子炉冷却系統等の機能とあいまって、燃料の許容設計限界を超えないよう、炉心からの核分裂生成物の崩壊熱を除去できるとともに、停止後、一定時間、炉心の強制冷却を必要とする場合にあつ

ては、崩壊熱を除去する設備に電源を供給する等、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給するための非常用電源設備として、ディーゼル発電機及び蓄電池並びに電力供給設備（非常用母線切替回路及びケーブル等）を設ける。

3 について

非常用電源設備及びその附属設備（ディーゼル発電機及び蓄電池並びに電力供給設備（非常用母線切替回路及びケーブル等））は、多重性又は多様性並びに独立性を確保し、その系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものとする。

ディーゼル発電機については、定格容量を約 2,500kVA とし、外部電源の喪失に対処するための設備がその機能を確保するために必要な負荷（以下「非常用負荷」という。）に対して 100%の容量を有するものを 2 系統の非常用ディーゼル電源系に各 1 基（合計：2 基）設置する。なお、非常用負荷は、2 基のディーゼル発電機のうち 1 基が停止した場合にあっても、他の 1 基により原子炉の安全を維持できるように負荷を構成する。

交流無停電電源系の蓄電池については、容量を 800Ah とし、非常用負荷のうち、交流無停電電源系に接続される負荷に対して 100%の容量を有し、かつ、2 時間の放電ができるものを 2 系統の交流無停電電源系に各 1 組（合計：2 組）設置する。また、直流無停電電源系の蓄電池については、容量を 1,800Ah とし、非常用負荷のうち、直流無停電電源系に接続される負荷に対して 100%の容量を有し、かつ、2 時間の放電ができるものを 2 系統の直流無停電電源系に各 1 組（合計：2 組）設置する。交流無停電電源系及び直流無停電電源系は、一方の装置の故障又は修理時であっても、母線連絡用遮断器を投入することで、もう一方の系統より支障なく給電できるものとする。

添付書類八の以下の項目参照
10. その他試験研究用等原子炉の附属施設

添付 4 設置許可申請書の添付書類における記載（設備等）

添付書類八

10. その他試験研究用等原子炉の附属施設

10.1 概要

原子炉施設には、その他試験研究用等原子炉の附属施設の主要設備として、以下の設備等を設ける。

（1）非常用電源設備

10.2 非常用電源設備

原子炉施設には、外部電源が喪失した場合において、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給し、また、計測制御系統、安全保護回路、原子炉停止系統、原子炉冷却系統等の機能とあいまって、燃料の許容設計限界を超えないよう、炉心からの核分裂生成物の崩壊熱を除去できるとともに、停止後、一定時間、炉心の強制冷却を必要とする場合にあっては、崩壊熱を除去する設備に電源を供給するための非常用電源設備として、ディーゼル発電機及び蓄電池、並びに電力供給設備（非常用母線切替回路及びケーブル等）を設ける。非常用電源設備及びその附属設備は、多重性又は多様性並びに独立性を確保し、その系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものとする。蓄電池については、全交流動力電源喪失（外部電源喪失及び非常用ディーゼル電源系喪失）時に原子炉を安全に停止し、又はパラメータを監視する設備の動作に必要な容量を有するものとする。

（1）ディーゼル発電機

原子炉施設には、2 系統の非常用ディーゼル電源系を設ける。各系統は、ディーゼル発電機、3.3kV 母線、400V 母線、200 V 母線及び 100V 母線から構成し、常時は独立に使用されるものとする。非常用ディーゼル電源系は、通常時にあっては、常用電源を経由し、外部電源より給電されるものとするが、外部電源喪失時には、ディーゼル発電機より電源が供給される。ディーゼル発電機については、定格容量を約 2,500kVA とし、外部電源の喪失に対処するための設備がその機能を確保するために必要な負荷（以下「非常用負荷」という。）に対して、100%の容量を有するものを、2 系統の非常用ディーゼル電源系に各 1 基（合計：2 基）設置するものとする。

ディーゼル発電機は、低電圧継電器により外部電源の喪失を検出し、限時継電器で数秒間の停電を確認した後、2 基同時に自動起動する。ディーゼル発電機の起動方式は、圧縮空気始動方式であり、外部電源喪失後 30 秒で最初の負荷投入が可能となる。2 基のディーゼル発電機は、あらかじめ定めた順序に従い、非常用負荷に給電するものとする。なお、非常用負荷は、2 基のディーゼル発電機のうち 1 基が停止した場合にあっては、他の 1 基により原子炉の安全を維持できるように負荷を構成する。主な負荷を以下に示す。

1次補助冷却系及び2次補助冷却系
1次純化系及びオーバフロー系
1次冷却系予熱設備（一部）
2次冷却系予熱設備
格納容器雰囲気調整系
アニュラス部排気設備
非常用換気設備
コンクリート遮へい体冷却系
気体廃棄物処理設備
放射線監視設備（一部）
空調換気設備（一部）
補機冷却設備
圧縮空気供給設備
非常用照明設備

（2）蓄電池

原子炉施設には、2系統の交流無停電電源系及び2系統の直流無停電電源系を設ける。交流無停電電源系の各系統は、整流装置、蓄電池、インバータ及び母線から構成し、常時は独立に使用されるものとする。交流無停電電源系は、通常時にあっては、常用電源を経由し、非常用ディーゼル電源系の400V母線等を介して、外部電源より給電されるものとするが、全交流電源喪失時（外部電源喪失後、ディーゼル発電機が起動し、定格電圧が確立するまでの時間を含む。）には、蓄電池より、インバータを介して、電源が供給される。交流無停電電源系の蓄電池については、容量を800Ahとし、非常用負荷のうち、交流無停電電源系に接続される負荷に対して100%の容量を有し、かつ、2時間の放電ができるものを2系統の交流無停電電源系に各1組（合計：2組）設置するものとする。なお、非常用負荷は、2系統の交流無停電電源系のうち1系統が停止した場合にあっては、他の1系統により原子炉の安全を維持できるように負荷を構成する。直流無停電電源系の各系統は、整流装置、蓄電池、負荷電圧補償装置及び母線から構成し、常時は独立に使用されるものとする。直流無停電電源系は、通常時にあっては、常用電源を経由し、非常用ディーゼル電源系の400V母線等を介して、外部電源より給電されるものとするが、全交流電源喪失時（外部電源喪失後、ディーゼル発電機が起動し、定格電圧が確立するまでの時間を含む。）には、蓄電池より電源が供給される。直流無停電電源系の蓄電池については、容量を1,800Ahとし、非常用負荷のうち、直流無停電電源系に接続される負荷に対して100%の容量を有し、かつ、2時間の放電ができるものを2系統の直流無停電電源系に各1組（合計：2組）設置するものとする。なお、非常用負荷は、2系統の直流無停電電源系のうち1系統が停止した場合にあっては、他の1系統により原子炉の安全を維持できるように負荷を構成する。交流無停電電源系及び直流無停電電源系の主な負荷を以下に示す。

交流無停電電源系

原子炉保護系（関連する核計装、プロセス計装及び放射線管理設備を含む。）

格納容器（隔離弁（制御用電源））

中央制御室制御盤等（一部現場盤を含む。）

直流無停電電源系

1次主冷却系（1次主循環ポンプポニーモータ）

1次補助冷却系（サイフォンブレイク弁）

格納容器（隔離弁（駆動用電源））

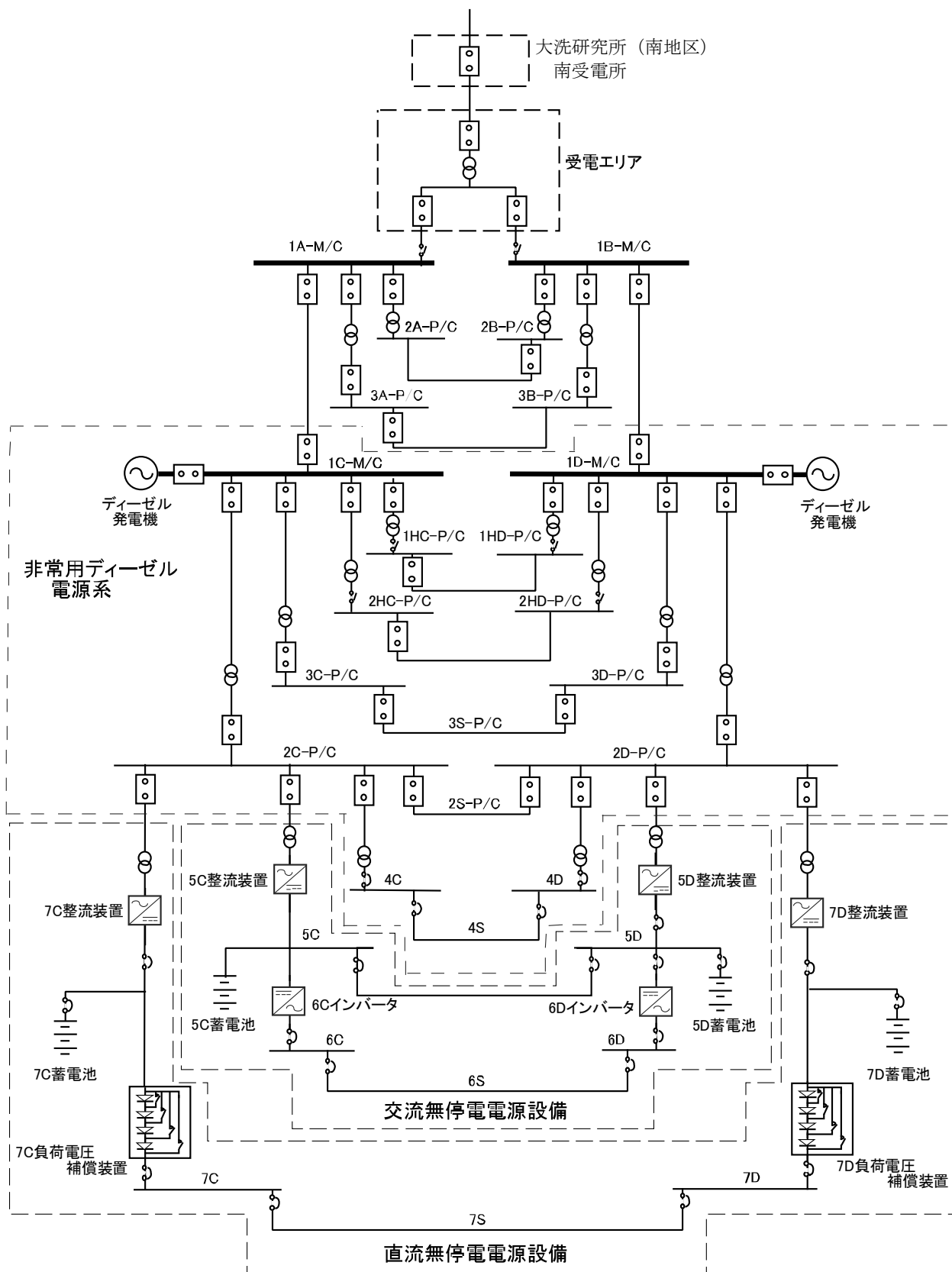
中央制御室制御盤等（一部現場盤を含む。）

非常灯

10.3 常用電源

原子炉施設は、大洗研究所（南地区）南受電所から 66kV 配電線 1 回線で商用電源（外部電源）を受電する。

原子炉施設における電源系統図を第 10.3.1 図に示す。原子炉施設の電源系統は、一般電源系、非常用ディーゼル電源系、交流無停電電源系及び直流無停電電源系から構成する。原子炉施設の受電エリアにおいて、主変圧器により、3.3kV に降圧し、2 系統の一般電源系に電源を供給する。各系統は、3.3 kV 母線、400V 母線及び 200V 母線から構成し、常時は独立に使用されるものとする。



第 10.3.1 図 電源設備