



JY-94-8

## **第28条（保安電源設備）に係る説明書**

## **第42条（外部電源を喪失した場合の対策設備等）に係る説明書**

**2021年11月2日**

**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）に係る要求事項と対応概要

要求事項	対応の概要
<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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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。</li> <li>・ 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。 <ul style="list-style-type: none"> <li>（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。）</li> <li>（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</li> </ul> </li> </ul>
<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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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。</li> </ul>
<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。<sup>*1</sup></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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。</li> <li>・ 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。</li> <li>・ 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。</li> </ul>

\*1： 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。

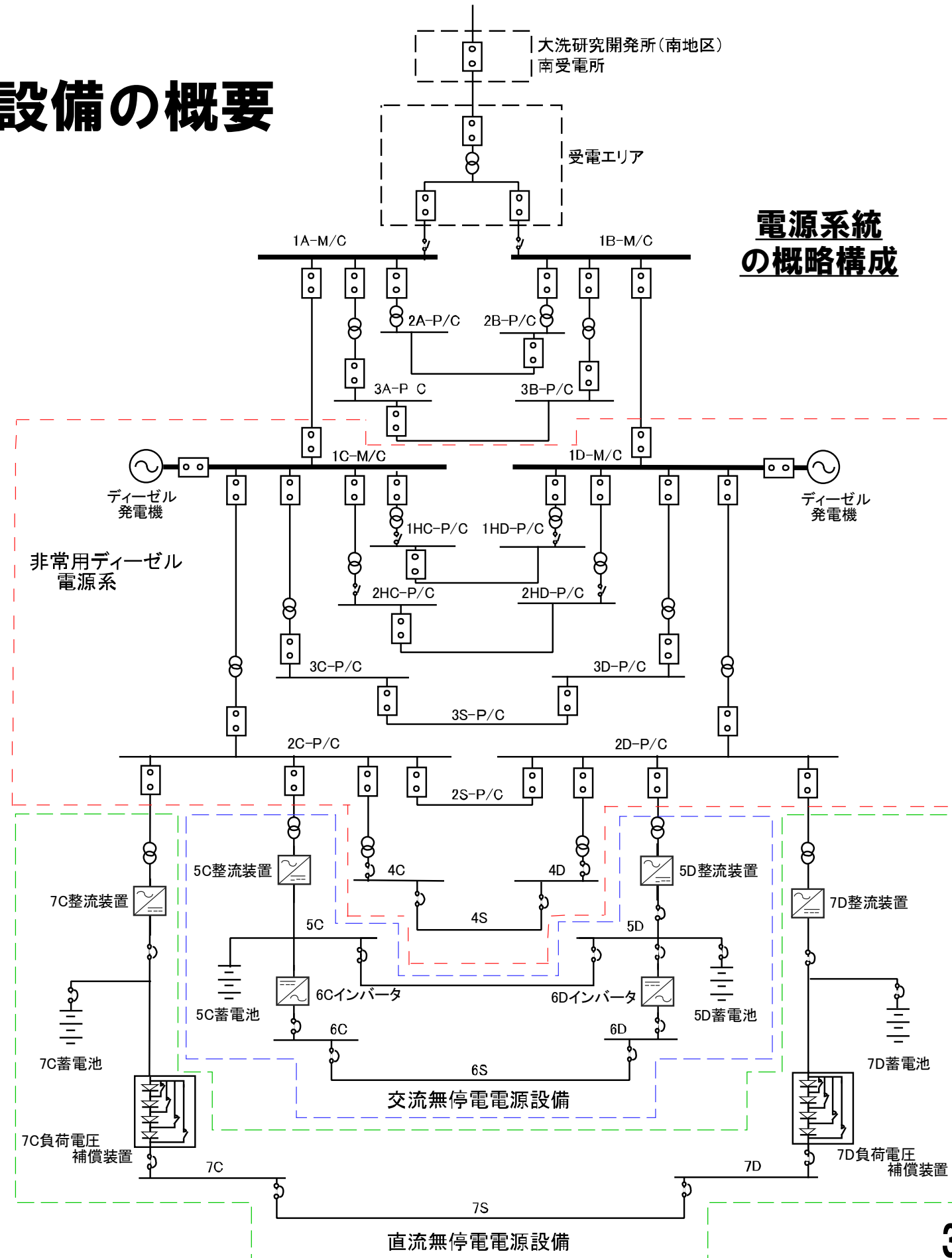
- 一 外部電源を喪失した場合その他の非常の場合において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備へ電気を供給するための発電設備が常時作動している場合
- 二 工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備が、無停電電源装置に常時電氣的に接続されている場合
- 三 外部電源を喪失した場合であって、次に掲げる全ての要件を満たす場合
  - イ 換気設備（非常用のものに限る。）を作動させる必要がないこと。
  - ロ 試験研究用等原子炉を未臨界に移行することができ、かつ、低温状態において未臨界を維持することができること。
  - ハ 燃料体の崩壊熱を適切に除去することができること。

## 第42条（外部電源を喪失した場合の対策設備等）に係る要求事項と対応概要

要求事項	対応の概要
<p>1 試験研究用等原子炉施設（ガス冷却型原子炉に係る試験研究用等原子炉施設に限る。以下この章において同じ。）には、必要に応じ、外部電源が喪失した場合において原子炉停止系統及び原子炉冷却系統に係る設備を動作させるために必要な発電設備その他の非常用電源設備を設けなければならない。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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基が停止した場合であっても、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。</li> <li>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。</li> </ul>
<p>2 試験研究用等原子炉施設には、必要に応じ、全交流動力電源喪失時に試験研究用等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蓄電池その他の非常用電源設備を設けなければならない。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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）時に使用する機能に必要な電源は、交流無停電電源系又は直流無停電電源系から供給され、これらの蓄電池については、全交流動力電源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。</li> <li>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。</li> <li>全交流動力電源喪失が長期化する全交流動力電源喪失事故は、「設置許可基準規則」第53条の解釈を踏まえた上で、多量の放射性物質等を放出するおそれのある事故として想定する事象の一つに該当する。全交流動力電源喪失時には、外部電源喪失が発生した時点で、原子炉保護系が作動し、制御棒駆動機構の制御棒保持電磁石励磁断により、制御棒は、自重及びスプリングにより加速されて、炉心に落下・挿入され、原子炉は停止する。原子炉停止時に原子炉容器内において発生した崩壊熱その他の残留熱については、1次主冷却系及び2次主冷却系の冷却材の自然循環により除去し、最終ヒートシンクである大気に輸送される。原子炉施設は、全交流動力電源喪失時に原子炉を安全に停止する観点で、電源供給を必要とする動的機器を有しない。なお、原子炉冷却材バウンダリは維持されるため、全交流動力電源喪失は、閉じ込め機能に影響を及ぼさない。</li> <li>全交流動力電源喪失時に監視するパラメータには、①原子炉出力（線形出力系核計装（3チャンネル））、②原子炉出入口冷却材温度（A）、③原子炉出入口冷却材温度（B）が該当する。原子炉出力については、全交流動力電源喪失の発生直後において原子炉が停止したことが確認できる。原子炉出入口冷却材温度及び主冷却器出口冷却材温度は、原子炉停止時に原子炉容器内において発生した崩壊熱その他の残留熱が除去されていることの確認と事故対策上必要な手動操作に係る監視を目的とする。これらのプロセス計装は、中央制御室制御盤に設置されており、多量の放射性物質等を放出するおそれのある事故に対処するための電源設備から、2時間以内に必要容量の電力が供給される。</li> <li>また、使用済燃料貯蔵設備の水冷却池にあっては、水冷却池には、その水位を測定でき、かつ、その異常を検知できる設備を設けるが、当該設備を使用できない場合にあっては、作業員がその水位を確認できるものとしており、適宜監視する。原子炉施設や周辺監視区域の境界付近における放射線量については、代替措置（可搬型測定器）により、必要な機能を確保する。関係官庁等の異常時通報連絡先機関等への通信連絡にあっては、携帯電話機及び衛星携帯電話機を配備する。</li> </ul>

# 電源設備の概要

- 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。
- 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。
- 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）時に使用する機能に必要な電源は、交流無停電電源系又は直流無停電電源系から供給され、これらの蓄電池については、全交流動力電源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。



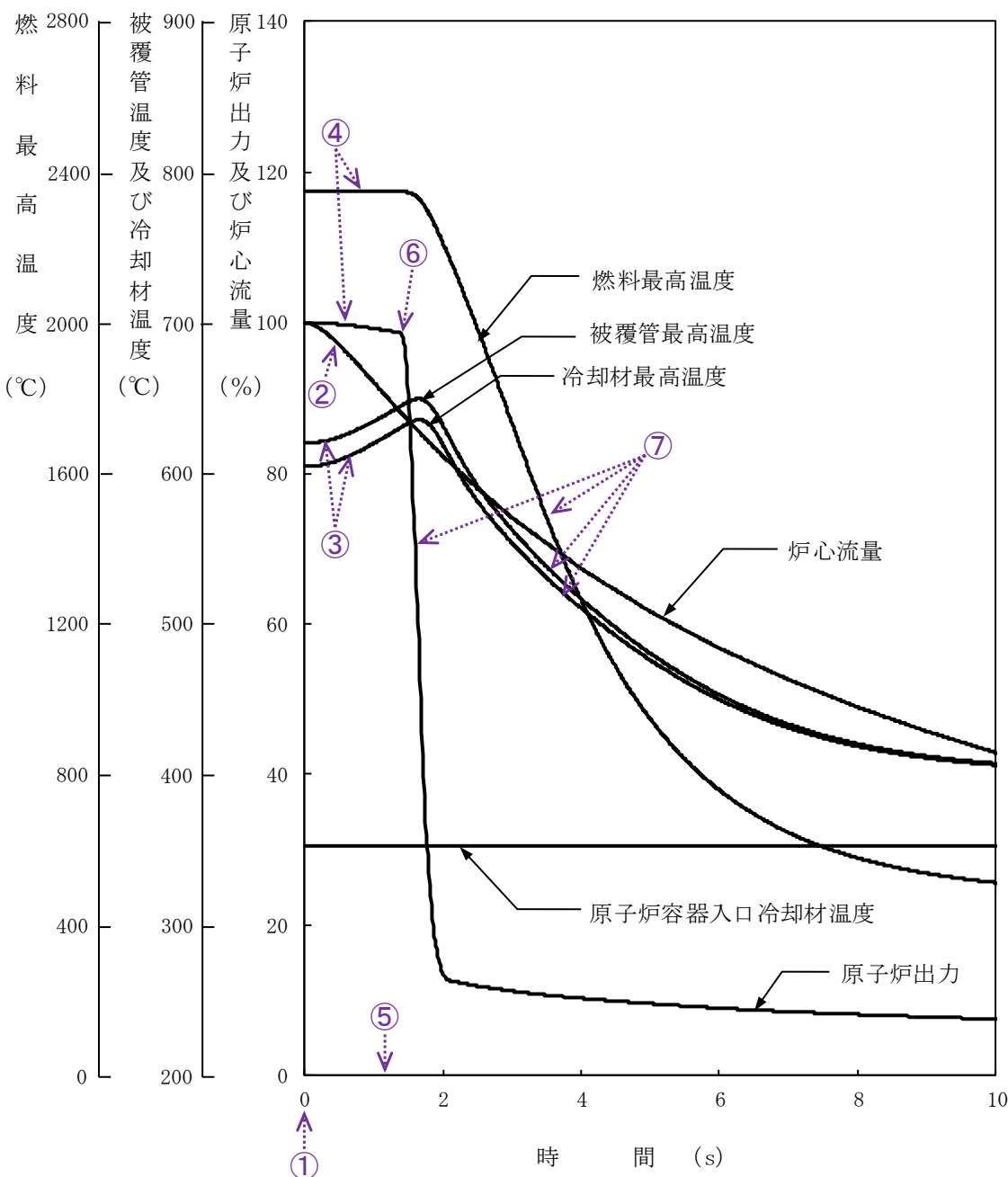
電源系統の概略構成

# 非常用電源設備から重要安全施設への電源供給

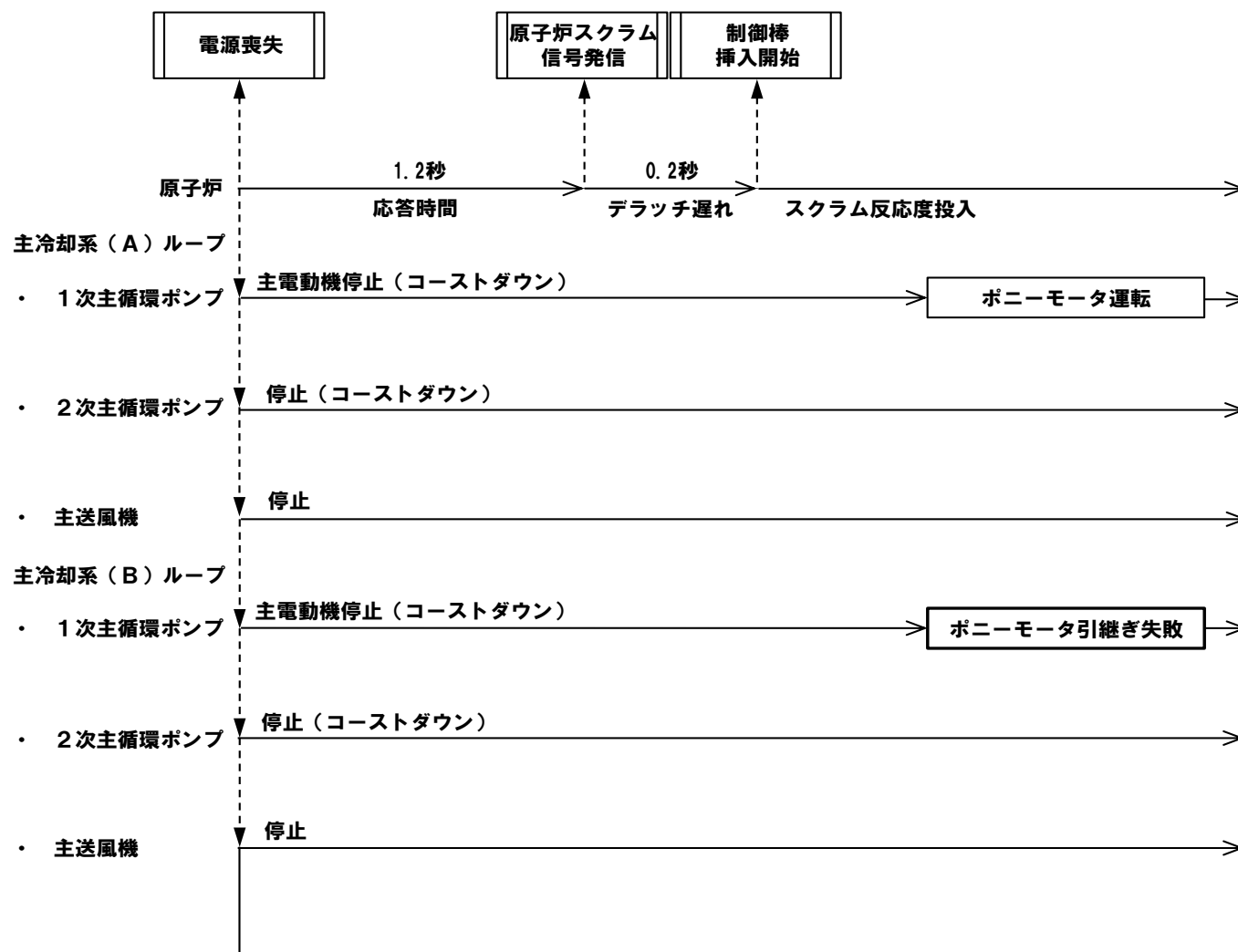
分類	機能	重要安全施設*1	電源供給元
MS-1	原子炉の緊急停止 及び未臨界維持機能	① 制御棒 ② 制御棒駆動系 1) 駆動機構 2) 上部案内管 ③ 後備炉停止制御棒 ④ 後備炉停止制御棒駆動系 1) 駆動機構 2) 上部案内管	非常用ディーゼル電源系
	1次冷却材漏えい量 の低減機能	① 1次補助冷却系 1) サイフォンブレイク弁	非常用ディーゼル電源系 又は直流無停電電源系
		② 1次予熱窒素ガス系 1) 仕切弁	非常用ディーゼル電源系 (関連系：交流無停電電源系)
	原子炉停止後 の除熱機能	① 1次主冷却系 1) 1次主循環ポンプポニーモータ	直流無停電電源系
	放射性物質 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

\*1： 「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には、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。

## 外部電源喪失時のプラント挙動



- ① 外部電源喪失発生（1次主循環ポンプの主電動機、2次主循環ポンプ、主送風機等の動力源が喪失）発生
- ② 1次主循環ポンプの主電動機の停止により炉心流量の減少（コストダウン）開始
- ③ 炉心流量の減少により炉心の冷却材及び構造材温度が上昇
- ④ 炉心の冷却材及び構造材温度の上昇により負の反応度が付加され原子炉出力が低下、それに伴い燃料温度が低下
- ⑤ 約1.2秒後に電源喪失信号による原子炉保護系の動作により原子炉スクラム信号発信
- ⑥ 制御棒の切り離しによる制御棒挿入（スクラム反応度の投入）開始
- ⑦ 制御棒挿入により原子炉出力が低下、それに伴い各部の温度が低下



	解析結果	熱設計基準値
燃料最高温度：	初期値を超えない	2,650 °C
燃料被覆管最高温度：	約650 °C	840 °C
冷却材最高温度：	約640 °C	910 °C

→ 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、炉心の強制冷却に必要な崩壊熱を除去する設備に電源を供給

## 全交流電源喪失時に、原子炉を安全に停止し、又はパラメータを監視する設備

- ・ 全交流動力電源喪失時には、外部電源喪失が発生した時点で、原子炉保護系が作動し、制御棒駆動機構の制御棒保持電磁石励磁断により、制御棒は、自重及びスプリングにより加速されて、炉心に落下・挿入され、原子炉は停止する。原子炉停止時に原子炉容器内において発生した崩壊熱その他の残留熱については、1次主冷却系及び2次主冷却系の冷却材の自然循環及び主冷却機の自然通風により除去し、最終ヒートシンクである大気に輸送される。
  - 原子炉施設は、全交流動力電源喪失時に原子炉を安全に停止する観点で、電源供給を必要とする動的機器を有しない（自然通風除熱は、手動操作によりインレットベーン及び出入口ダンパを操作することにより可能（電源不要））。
  
- ・ 全交流動力電源喪失時に監視するパラメータには、①原子炉出力（線形出力系核計装（3チャンネル））、②原子炉出入口冷却材温度（A）、③原子炉出入口冷却材温度（B）が該当する。原子炉出力については、全交流動力電源喪失の発生直後において原子炉が停止したことの確認を、原子炉出口冷却材温度及び原子炉入口冷却材温度は、原子炉停止時に原子炉容器内において発生した崩壊熱その他の残留熱が除去されていることの確認を目的とする。これらの核計装及びプロセス計装は、中央制御室制御盤に設置されており、当該確認は、運転員により10分以内に対応できる。なお、主冷却機において、原子炉停止時における自然通風除熱時にあっては、必要な場合に、手動操作によりインレットベーン及び出入口ダンパを開閉できる。当該手動操作を考慮しても、原子炉が停止し、崩壊熱等が除去されていることの確認は、運転員により2時間以内に対応できる。
  - 原子炉施設は、全交流動力電源喪失時にパラメータを監視する観点で、電源供給を必要とする機器として、原子炉出力及び原子炉出入口冷却材温度に関連する核計装及びプロセス計装、並びに中央制御室制御盤を有する。
    - > 原子炉出力（線形出力系核計装（3チャンネル））：原子炉制御盤にて監視
    - > 原子炉出入口冷却材温度（A）、原子炉出入口冷却材温度（B）：1次制御盤にて監視
  
- ・ 全交流動力電源喪失時に使用する機能に必要な電源は、交流無停電電源系又は直流無停電電源系から供給される。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時間であるが、全交流動力電源喪失の長期化による直流及び交流無停電電源系の喪失を想定し、事故対策上必要な操作は手動で対応できるものとするとともに、仮設計器により、原子炉出入口冷却材温度（A）及び原子炉出入口冷却材温度（B）の監視を実施できるものとしている。また、仮設電源設備からの給電は、2時間以内に行うことが可能である。

# ディーゼル発電機の仕様概要

- ディーゼル発電機は、必要容量2,368kVAを上回る約2,500kVAを定格容量とし、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。
- 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。

## ディーゼル発電機の主な負荷

- ・ 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



## 蓄電池（交流無停電電源系及び直流無停電電源系）の仕様概要

- 交流無停電電源系の蓄電池は、必要容量650Ahを上回る800Ahを定格容量とし、交流無停電電源系に接続される非常用負荷に対して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。
- 直流無停電電源系の蓄電池は、必要容量1,700Ahを上回る1,800Ahを定格容量とし、直流無停電電源系に接続される非常用負荷に対して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。

交流無停電電源系の主な負荷	・ 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。）
直流無停電電源系の主な負荷	・ 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

- 蓄電池は、全交流動力電源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確保。
  - 全交流動力電源喪失時には、外部電源喪失が発生した時点で、原子炉保護系が動作、制御棒が炉心に挿入され原子炉は停止。
  - 原子炉停止後の崩壊熱は、1次主冷却系及び2次主冷却系の冷却材の自然循環並びに主冷却機による自然通風により除去（自然通風除熱は、手動操作によりインレットベーン及び出入口ダンパを操作することにより可能（電源不要））。
  - 全交流動力電源喪失時に監視するパラメータは、原子炉出力（線形出力系）及び原子炉出入口冷却材温度（中央制御室の制御盤で確認）。
  - 交流無停電電源系が枯渇した場合には、仮設電源設備（可搬型発電機等）及び仮設計器により、パラメータの監視を行う。なお、仮設電源設備からの給電は、2時間以内に行うことが可能。

## 電源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。
- 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、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右図に示す。「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。

