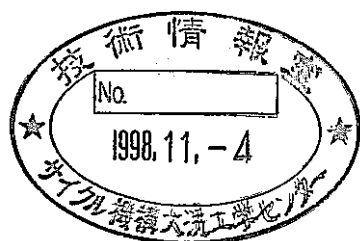


高速実験炉「常陽」 中央制御室外原子炉停止盤設置の検討

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)



1998年3月

株式会社 東 芝

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センター

システム開発推進部 技術管理室

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technology Management Section, O-arai Engineering Center, Power Reactor
and Nuclear Fuel Development Corporation 4002, Narita O-arai-machi Higashi-
Ibaraki-gun, Ibaraki, 311-14, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development
Corporation)

1998年3月

高速実験炉「常陽」中央制御室外原子炉停止盤設置の検討

伊藤 潤 * 細谷宣也 **

要 旨

1997年3月に発生した動燃東海事業所でのアスファルト固化処理施設における爆発事故を受けて、高速実験炉「常陽」でも、火災・爆発事故を始めとする事故時に中央制御室から運転員が待避せざるを得ない事態が発生した場合の制御室外からの原子炉停止手段の必要性の有無について検討を実施することになった。

制御室外からの原子炉停止手段は、通常の発電用軽水型原子力発電所においては、米
国連邦規格であるNRC TITLE10 CFR(Code of Federal Regulations) Part 50 Appendixes
に規定されており、国内ではこれをベースに「発電用軽水型原子炉施設に関する安全審
査指針」(平成2年8月30日 原子力安全委員会決定)にて設置の義務を規定している。

高速増殖炉プラントにあつては、原型炉「もんじゅ」においても、これら指針内容を
尊重し、制御室外からの原子炉停止を目的に中央制御室外原子炉停止盤を設置している。

一方、「常陽」においては、建設当時、このような規定はなく、発電プラントでもない
ため、中央制御室外原子炉停止盤は設置されていないが、本検討作業では、東海事業所
での爆発事故に鑑み、これら規格・基準類を参考に、「常陽」においても中央制御室外原
子炉停止盤が必要か否かの検討を施すとともに、必要性の有無に関わらず、設置する
とした場合の中央制御室外原子炉停止盤に必要な機能、設置場所等について、「常陽」の特質
を踏まえた上で検討した。

「常陽」の場合、万一、その炉心冷却系である1次・2次冷却系、補助冷却系の機能が
喪失しても自然循環にて炉心冷却可能であることが自然循環試験でも確認されており、
その意味で必ずしも必要ではないといえるが、仮に中央制御室外原子炉停止盤を設置す
る場合においては、炉心冷却機能遂行上、必要な最低限の操作・監視機能を中央制御室
外原子炉停止盤に搭載する必要があり、これらについて、摘出、整理し、上記規格・基
準類との整合性を確認しながら、設置するとした場合の中央制御室外原子炉停止盤の概
念を構築した。

本報告書は、株式会社 東芝が、動力炉・核燃料開発事業団殿との契約により実施した
業務の成果である。

契約番号：09C2655

事業団担当部課室および担当者：大洗工学センター実験炉部原子炉第二課 磯崎和則

*株式会社 東芝 動力炉開発部、**株式会社 東芝 府中工場 発電制御システム部

目 次

1. 概要	1
2. 中央制御室外原子炉停止盤に関する規格・基準類の調査	2
2.1 国外での規格・基準類の調査	2
2.2 日本国内での規格・基準類の調査	1 2
3. 国内先行プラントの中央制御室外原子炉停止盤に関する調査	1 6
4. 「常陽」中央制御室外原子炉停止盤必要性検討	2 3
4.1 「常陽」の炉心冷却機能	2 3
4.2 「常陽」中央制御室外原子炉停止盤必要性検討	3 3
4.3 必要性検討のまとめ	4 4
5. 「常陽」中央制御室外原子炉停止盤を設置する場合の検討	4 6
5.1 規格・基準類に基づく必要機能	4 6
5.2 「常陽」炉心冷却機能の観点に基づく必要機能	6 0
5.3 先行プラントの設計例に基づく「常陽」としての必要機能	6 6
5.4 中央制御室外原子炉停止盤の操作・監視機器の検討	7 0
5.5 中央制御室外原子炉停止盤の盤面イメージ	7 5
5.6 中央制御室外原子炉停止盤の設置場所の検討	7 7
6. まとめ	8 0

1. 概 要

1997年3月に発生した動燃東海事業所でのアスファルト固化処理施設における爆発事故を受けて、「常陽」でも、火災・爆発事故を始めとする事故時に中央制御室から運転員が待避せざるを得ない事態が発生した場合の制御室外からの原子炉停止手段の必要性の有無について検討を行うことになった。

制御室外からの原子炉停止手段は、通常の発電用軽水型原子力発電所においては、米国連邦規格であるNRC TITLE10 CFR(Code of Federal Regulations) Part 50 Appendixes に規定されており、国内ではこれをベースに発電用軽水型原子炉施設に関する安全審査指針（平成2年8月30日原子力安全委員会決定）にて設置の義務を規定している。

高速増殖炉プラントにあつては、原型炉「もんじゅ」においても、これら指針内容を尊重し、制御室外からの原子炉停止を目的に中央制御室外原子炉停止盤を設置している。

一方、「常陽」においては、建設当時、このような規定はなく、発電プラントでもないため、中央制御室外原子炉停止盤は設置されていない。

本検討作業の目的は、東海事業所での爆発事故に鑑み、これら規格・基準類を参考に、「常陽」においても中央制御室外原子炉停止盤が必要か否かの検討を施すとともに、その必要性の有無に関わらず、仮に設置するとした場合の中央制御室原子炉停止盤に必要な機能、設置場所等について、「常陽」の特質を踏まえた上で整理、その概念を構築することにある。

2. 中央制御室外原子炉停止盤に関する規格・基準類の調査

中央制御室外原子炉停止盤の設置検討を行うにあたり、まず、これに関する国内外の規格・基準類の有無、内容に関する調査を実施し、「常陽」においても中央制御室外原子炉停止盤を設置する場合の検討のベースとすることとした。

2.1 国外での規格・基準類の調査

(1) 米国連邦基準

国内軽水炉プラントは、もともと米国技術の導入からスタートしていることから、その基本設計概念は、米国基準に負うところが多く、国内事情を踏まえた上での設計となっている。

従って、技術導入当時の軽水炉プラントの調査を行い、米国での規格・基準類としては何があるかを調査した。

基本的には、以下に示した米国連邦基準である、NRC TITLE10 CFR(Code of Federal Regulations) Part 50 Appendix A、及びLによっており、導入当時は、Appendix Aのみ、Appendix Rについては、後に追加となっている。

尚、Appendix Rは、1979年1月に制定された、Appendix AのCriterion 3-Fire Protectionの要求条件を、原子炉停止機能に対する火災の影響の観点から再検討の上、補足して規定されたもので、Appendix AのCriterion 3に優先する位置づけとなっている。

[米国基準類]

NRC TITLE10 CFR(Code of Federal Regulations) Part 50

- 1) Appendix A Criterion 19 - Control room
- 2) Appendix R Criterion 12 - Fire Protection Program For Nuclear Power Facilities Operating Prior To January 1, 1979
- L - Alternative and Dedicated Shutdown Capability

表 2.1-1、並びに表 2.1-2 にこれらの記述内容について整理した。

(2) IAEA安全シリーズ

国外の基準としては、前記米国連邦基準以外にIAEA（国際原子力機関）にて策定されたIAEA安全シリーズがある。

本安全シリーズは原子力発電所の安全に係わるいくつかの主要事項について、加盟国全体に共通の基盤提供の観点から、NUS S（Nuclear Safety Standards）計画のもと作成されたもので、5つの安全基準（Safety Standards）と55の安全指針（Safety Guide）からなっている。

また、本シリーズは、1986年に改訂されており、我が国では、日本電気協会より翻訳版が刊行されている。

これらの内、追加の制御場所、あるいは中央制御室外原子炉停止盤に関する記述について調査し、調査結果を表2.1-3に整理した。

尚、対象としたものは以下である。

[IAEA安全シリーズ]

- | | |
|--------------|---------------------------------------|
| No. 50-C-D | 原子力発電所の安全基準 設計（1990年7月） |
| No. 50-SG-D1 | BWR、PWR及びPTRの安全機能及び機器分類 安全指針（1982年3月） |
| No. 50-SG-D3 | 原子力プラントにおける保護系及び関連施設 安全指針（1981年3月） |
| No. 50-SG-D8 | 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針（1985年12月） |

表 2. 1-2 (1/4)

NRC TITLE 10 CFR(Code of Federal Regulations) Part 50 Appendix R Criterion 12 L: Alternative and dedicated shutdown capability		
	原文(抜粋)	和訳
内容	<p>Criterion 12,L-Alternative and dedicated shutdown capability</p> <p>1. Alternative or dedicated shutdown capability provided for a specific fire area shall be able to</p> <p>(a)achieve and maintain subcritical reactivity conditions in the rector;</p> <p>(b)maintain reactor coolant inventory;</p> <p>(b)achieve and maintain hot standby conditions for a PWR (hot shutdown for a BWR);</p> <p>(d)achieve cold shutdown conditions within 72 hours; and</p> <p>(e)maintain cold shutdown conditions thereafter.</p> <p>During the postfire shutdown, the reactor coolant system process variables shall be maintained within those predicted for a loss of normal a.c. power, and the fission product boundary integrity shall not be affected ;i.e.,there shall be no fuel clad damage, rupture or any primary coolant boudary to rupture of the containment boundary.</p> <p>2. The performance goals for the shutdown functions shall be:</p> <p>a. The reactivity control function shall be capable of achieving and maintaining cold shutdown reactivity conditions.</p> <p>b. The reactor coolant makeup function shall be capable of maintaining the reactor coolant level above the top of the core for BWRs and be within the level indication in the pressurizer PWRs.</p>	<p>基準 12 : 追加の制御場所と炉停止性能</p> <p>1. 火災の観点から要求される追加の制御場所と炉停止性能は以下でなければいけない。</p> <p>(a) 未臨界状態を実現、または維持できること</p> <p>(b) 原子炉冷却材量を維持できること</p> <p>(c) PWRでは高温待機状態(BWRでは高温停止)を実現、または維持できること</p> <p>(d) 72時間以内に低温停止状態とできること</p> <p>(e) その後の低温停止状態を維持できること。</p> <p>火災による原子炉停止の間も、冷却系は、想定された外部電源喪失事象に対し、プロセス変量は維持されなければならない、また、放射性バウンダリーもその健全性が脅かされないようにしなければならない。</p> <p>即ち、燃料集合体は健全、1次冷却系配管は破断しない、原子炉格納容器も破断してはいけない。</p> <p>2. 原子炉停止機能に対する性能は以下である必要がある。</p> <p>a. 反応度制御機能は低温停止状態を実現、維持できなければならない</p> <p>b. 原子炉水位は、BWRにあつては炉心頂部以上、PWRにあつては指示された水位以下に維持できること</p>

表 2. 1-2 (2/4)

NRC TITLE 10 CFR(Code of Federal Regulations) Part 50 Appendix R Criterion 12 L: Alternative and dedicated shutdown capability		
	原文(抜粋)	和訳
内容	<p>c. The reactor heat removal function shall be capable of achieving and maintaining decay heat removal.</p> <p>d. The process monitoring function shall be capable of providing direct readings of the process variables necessary to perform and control the above functions.</p> <p>e. The supporting functions shall be capable of providing the process cooling, lubrication, etc., necessary to permit the operation of the equipment used for safe shutdown functions.</p> <p>3. The shutdown capability for specific fire areas may be unique for each such area, or it may be one unique combination of systems for all such areas. In either case, the alternative shutdown capability shall be independent of the specific fire area(s) and shall accommodate postfire conditions where offsite power is available and where offsite power is not available for 72 hours. Procedures shall be in effect to implement this capability.</p> <p>4. If the capability to achieve and maintain cold shutdown will not be available because of fire damage, the equipment and systems comprising the means to achieve and maintain the hot standby or hot shutdown condition shall be capable of maintaining such conditions until cold shutdown can be achieved.</p>	<p>c. 原子炉除熱機能としては、崩壊熱を除去できること</p> <p>d. プロセスモニタは、上記機能遂行上、制御上必要なプロセス変量を直読できること</p> <p>e. 安全な炉停止に用いられる設備の運転を遂行するのに必要なプロセス冷却、潤滑などの機能が確保されなければいけない</p> <p>3. 想定火災区域での火災発生時の原子炉停止可能性は、これら想定火災区域の内、1つの区域での火災に対して考慮すべきか、若しくは、これらの全ての火災区域に対し、1つの組み合わせ火災に対して考慮すべきである。 または、追加の制御場所での炉停止機能は、これらの想定火災区域とは独立であり、外部電源が利用可能、及び72時間以内は外部電源が利用できない火災後条件下においても適応できるようにすべきである。 操作手順はこの機能を達成する様、実行されるべきである。</p> <p>4. もし、冷温停止を遂行、維持するための機能が火災の影響により喪失した場合にも、高温待機状態、あるいは高温停止を遂行、維持する手段を含んだ設備、系統は、冷温停止されるまで、これらの状態を維持できる能力を確保する必要がある。</p>

表2. 1-2 (3/4)

NRC TITLE 10 CFR(Code of Federal Regulations) Part 50 Appendix R Criterion 12 L: Alternative and dedicated shutdown capability		
	原文(抜粋)	和訳
内	<p>If such equipment and systems will not be capable of being powered by both onsite and offsite electric power systems because of fire damage, an independent onsite power system shall be provided.</p> <p>The number of operating shift personnel, exclusive of fire brigade members, required to operate such equipment and systems shall be onsite at all times.</p>	<p>もし、これらの設備・システムが、火災によるダメージの為に所内、所外の両方からも給電されない場合、1つの独立した所内電源系から給電されるよう考慮されるべきである。</p> <p>火災防護班を除いたある所定の交替運転員らによって、いつでもこれら設備・システムが使用できるようにすべきである。</p>
容	<p>5. Equipment and systems comprising the means to achieve and maintain cold shutdown conditions shall not be damaged by fire; or the fire damage to such equipment and systems shall be limited so that the systems can be made operable and cold shutdown can be achieved within 72 hours.</p> <p>Materials for such repairs shall be readily available on site and procedures shall be in effect to implement such repairs.</p> <p>If such equipment and systems used prior to 72 hours after the fire will not be capable of being powered by both onsite and offsite electric power systems because of fire damage, an independent onsite power system shall be provided.</p> <p>Equipment and system used after 72 hours may be powered by offsite power only.</p>	<p>5. 低温停止状態に遂行、維持するための手段を含む設備、システムは火災の影響により喪失してはならない。或いは、これらの設備、システムにダメージを与えるような火災は限定され、システムは運転継続可能であり、低温停止は72時間以内に達成されるようにすべきである。</p> <p>これららを修復するために必要な用品はいつでも確保され、すぐに使用できるようにしておくべきで、その修復手順に基づいて実行されなければならない。</p> <p>火災発生後、72時間以内に火災によるダメージによってこれらの設備・システムが所内・所外双方からも給電されえない場合には、独立した1つの所内電源から給電されるべきである。</p> <p>72時間を経過して使用される設備・システムは、所外電源からのみ給電されるべきである。</p>

表 2. 1-2 (4/4)

NRC TITLE 10 CFR(Code of Federal Regulations) Part 50 Appendix R Criterion 12 L : Alternative and dedicated shutdown capability		
	原文(抜粋)	和訳
内	<p>6. Shutdown systems installed to ensure postfire shutdown capability need not be designed to meet seismic Category I criteria, single failure criteria, or other design basis accident criteria, except where required for other reasons, e.g., because of interface with or impact on existing safety systems, or because of adverse valve actions due to fire damage.</p>	<p>6. 火災後の炉停止を確実にするために設けられた炉停止系は、必ずしも耐震クラス I、単一故障条件、或いは他の設計ベース事故条件に合致するよう設計される必要はない。但し、他の理由、即ち、安全系への重大なインパクトに直面して、或いは火災の影響により弁が逆動作する等の理由を除く。</p>
容	<p>7. The safe shutdown equipment and systems for each fire area shall be known to be isolated from associated non-safety circuits in the fire area so that hot shorts, open circuits, or shorts to ground in the associated circuits will not prevent operation of the safe shutdown equipment.</p> <p>The separation and barriers between trays and conduits containing associated circuits of one safe shutdown division and trays and conduits containing associated circuits or safe shutdown cables from the redundant division, or the isolation of these associated circuits from the safe shutdown equipment, shall be such that a postulated fire involving associated circuits will not prevent safe shutdown.</p>	<p>7. 火災を想定して施された安全な炉停止設備、系統は、火災区域での非安全系回路とは隔離されており、従って、接続回路における短絡、開路、地絡は安全系の炉停止設備の運転を阻害しないようにすべきである。</p> <p>1つの安全系区分に属する回路が接続される電路のコンジット、トレイと、安全系の冗長化区分からのケーブルとの間の分離、並びに隔壁、或いは安全系の炉停止系に接続される回路との隔離は、接続回路を含めた想定火災が安全停止を阻害しないように施されるべきである。</p>

表2. 1-3 (1/3) IAEA安全シリーズにおける中央制御室外原子炉停止盤に関する記述

	IAEA安全シリーズ	基準・指針内容(抜粋)
1	<p>No. 50-C-D (Rev. 1) 原子力発電所の安全基準 設計 (1990年7月)</p>	<p>制御室 604 制御室は、すべての運転状態において、そこから原子力発電所を安全に運転することができ、かつ、事故及び制御室の設計に用いられたような設計ベース事象の発生後において、そこから発電所を安全な状態に維持するため、又はそのような状態に復帰せしめるための処置をとることができるように、設けられなければならない。 事故に基づく過度の放射線、又は有毒ガスのような、必要な運転員の行為を阻害するおそれのある災害の危険から制御室駐在員を守るために適切な対策が講じられなければならない。</p> <p>605 計装の配置及び情報の表示方法は、原子力発電所の状態及び挙動に関する全体像を運転員に与えるものでなければならない。</p> <p>606 状態を逸脱し、安全を損なうおそれのある運転の状態及びプロセスにつき、可視及び適切であれば可聴の指示を効率的に与えるために装置が設けられなければならない。</p> <p>追加の制御場所 607 制御室から物理的及び電氣的に分離された望むらくは、一個所に十分な計装及び制御機器を配置し、制御室で必要な安全機能を果たす能力が喪失した場合にも原子炉を停止状態にしてかつ維持し残留熱を除去し、かつ重要な発電所変数を監視することができるようにしなければならない。</p>

表 2. 1-3 (2/3) IAEA安全シリーズにおける中央制御室外原子炉停止盤に関する記述

	IAEA安全シリーズ	基準・指針内容(抜粋)
2	<p>No. 50-SG-D1 BWR、PWR及びPTRの安全機能及び 機器分類 安全指針 (1982年3月)</p>	<p>8. 6 追加の制御場所の表示 プラント設計の中に追加の制御場所が設けられている場合、これらの場所にある情報表示は、主制御室から必要な安全機能を遂行する能力が失われた場合、それらを達成するために十分な情報を、運転員に提供するものでなければならない。 自然現象及び人為事象(4章及び7. 8節を参照のこと)を検討した結果、主制御センターから分離された1つ又はそれ以上の追加の制御場所を使用するよう指示されている場合、これらの制御場所における表示の設計は、主制御センターの表示から機能上の隔離及び物理的独立性を確保するものでなければならない。 必要な機能上の隔離及び物理的独立性は、ある場所にある表示が他の場所にある表示が故障又は損傷を受けた場合に必要に応じて機能しつづけるような方法で、7. 8節の設計原則にしたがっていなければならない。 初期事象の性質によっては、多重計装チャンネルを設置する必要性が生じる可能性がある。 安全系支援施設についての特殊な要求事項も必要となるかもしれない。</p>
3	<p>No. 50-SG-D3 原子力プラントにおける保護系 及び関連施設 安全指針 (1981年3月)</p>	<p>7. 8. 3 追加の制御場所 追加の制御場所が「基準」の3. 3節に記載されているところに従って、設けられなければならない。 制御室からは物理的及び電氣的に分離された場所にも十分な計測制御機器を配置し、制御室で必要な安全機能を果たす能力が壊失した場合にも原子炉を停止状態にしかつ維持し、残留熱を除去し、かつ重要なプラント変数を監視することができるようにしなければならない。 制御室におけるこれらの必要な安全機能を達成できないということは、制御室における機器の損傷又は制御室の居住性の喪失による場合であろう。 設計ベースが制御室における機器の損傷を考慮に入れるよう要求している場合、7.8.1項に記載されている機能上の隔離規定が、短絡、断線及び高電圧等、1つの区域におけるPIE(想定起因事象)によって生じた故障が他の区域における安全タスクの達成を妨げることのないよう、これらの区域に供給する回路に適用されなければならない。 事象の性質及びプラントの設計により、各区域に多重の計装とロジック・チャンネル及びその他の安全機器を設置する必要性が生じる可能性がある。 共通の安全動作機器が使用される場合、制御場所信号の優先順位が、設計ベースの中に設定されなければならない。</p>

表 2. 1-3 (3/3) IAEA安全シリーズにおける中央制御室外原子炉停止盤に関する記述

	IAEA安全シリーズ	基準・指針内容(抜粋)
4	<p>No. 50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 (1985年12月)</p>	<p>4.9 制御室</p> <p>4.9.2 安全関連の制御設備 機器が制御室にある安全関連計測制御系により制御でき、また制御室外の場所からも制御できるならば、制御室及び安全関連の機器制御装置がある追加の制御場所において、実際の制御場所が視覚的な方法(例えば警報、指示光等)により自動的に指示されなければならない。 制御室には、 (a) 制御室外で必要な制御を実施することが事故状態により制限されるような事故状態、及び (b) 事故状態に対処するための時間的制約により運転員が制御室以外の場所で制御操作を行うために制御室を離れることができないような事故状態に対処するのに必要な全ての制御装置を含めるべきである。</p> <p>4.10 追加の制御場所 追加の制御場所は、安全解析で識別された安全機能を主制御室から遂行する能力が失われた場合に、それらの機能を遂行するのに必要な施設である。 これらの追加の制御場所は、制御室で典型的に遂行されている他の制御及び監視機能のすべてが遂行できることは要求されない。 本節では追加の制御場所に設置された安全関連計測制御系に対する要求事項を示す。 それらの要求事項は、最小限、十分に長い期間にわたる原子炉停止及び残留熱除去の全段階において監視及び制御できることを可能とするものでなければならない。 追加の制御場所には不法な接近及び使用の防止のための方策を含めなければならない。 追加の制御場所での手動制御は、簡単な操作、即ちスイッチ操作、ボタン押し等で遂行できなければならない。 制御室及び追加の制御場所は、要求される安全機能を遂行できない程までにPIEにより同時に影響を受けることのないように設計されなければならない。 ある特定の安全機能を開始するのに必要な優先権を主制御室又は追加の制御場所に与えることができることも確実にされなければならない。 原子力プラントの設計ベースは、PIEによって制御室が使用不能になることは極めて稀であるようにするのが普通である。 それ故、主制御室が使用できず必要な安全機能が追加の制御場所から遂行されている時に第2のPIEが発生することを想定する必要はない。 本指針の4.9.5節のうちの適用できる部分は追加の制御場所の設計で考慮すべきである。</p>

2.2 日本国内での規格・基準類の調査

日本国内においては、「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」（平成2年8月30日 原子力安全委員会決定）が、大元の基準となっている。

同指針は、軽水炉の設置許可申請（変更許可申請を含む）において安全性確保の観点から設計の妥当性について判断する際の基礎を示すことを目的に定められたもので、当初、昭和45年4月に定められ、昭和52年6月に改訂、更に平成2年に見直しが行われたものである。

即ち、この間の軽水炉技術の改良、進歩、或いは米国でのTMI事故の教訓も含め、全面的な見直しが図られたものである。

表 2.2-1 に同指針の関連部分、並びに解説について、抜粋した。

表 2. 2-1

発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針 (平成2年8月30日 原子力安全委員会決定) IX. 制御室及び緊急施設 指針 4 2. 制御室外からの原子炉停止機能		
	指針原文（抜粋）	指針解説（抜粋）
内 容	<p>指針 4 2. 制御室外からの原子炉停止機能</p> <p>原子炉施設は、制御室外の適切な場所から原子炉を停止することができるように、次の機能を有する設計であること。</p> <p>(1)原子炉施設を安全状態に維持するために、必要な計測制御を含め、原子炉の急速な高温停止ができること。</p> <p>(2)適切な手順を用いて原子炉を引き続き低温停止できること。</p>	<p>指針 4 2. 制御室外からの原子炉停止機能</p> <p>「制御室外の適切な場所から原子炉を停止することができる」とは、何らかの原因で制御室に接近できない場合の対策が講じられていることをいう。</p> <p>「原子炉の急速な高温停止ができること」とは、直ちに原子炉を停止し、残留熱を除去し、高温停止状態に安全に保持することをいう。</p>

一方、中央制御室外原子炉停止盤を設計する上での安全設計上の考え方としては、

JEAG4611-1991

「安全機能を有する計測制御装置の設計指針」

に示されている。

表 2.2-2 に記載内容を整理したが、中央制御室外原子炉停止装置は、「安全機能を有する系統・機器に直接作動停止指令を出す計測制御系」である安全保護系（同指針における区分：MS-1）の機能遂行に必要となる関連系であり、同指針における区分：MS-2の系統・機器の制御回路（MS-2）に位置づけられている。

この場合の重要度分類と設計上の要求事項は、同指針の表-3に明記されており、「多重性または多様性」を要求、また「耐環境性」については、要求されるが事故時の耐環境性ではなく、通常運転時又は運転時の異常な過渡変化時の耐環境性を要求している。

また、「耐震性」については、制御室からの安全停止機能に関するものは、耐震クラスA、またはA_S、それ以外は耐震Cクラスとしている。

注) JEAG4601-1991 での安全機能を有する計測制御装置の定義

(1) PS：異常発生防止系

①PS-1：「その損傷又は故障により発生する事象によって

(a) 炉心の著しい損傷、又は

(b) 燃料の大量の破損

を引き起こすおそれのある構築物、系統及び機器」

②PS-2：「1) その損傷又は故障により発生する事象によって、炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器

2) 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に作動を要求されるものであって、その故障により、炉心冷却が損なわれる可能性の高い構築物、系統及び機器」

③PS-3：「1) 異常状態の起因事象となるものであって、PS-1 及び PS-2 以外の構築物、系統及び機器

- 2) 原子炉冷却材中放射性物質濃度を通常運転に支障のない程度に低く抑える構築物、系統及び機器」

(2) MS : 異常影響緩和系

- ①MS-1 : 「1) 異常状態発生時に原子炉を緊急に停止し、残留熱を除去し原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧を防止し、敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構築物、系統及び機器
2) 安全上必要なその他の構築物、系統及び機器」
- ②MS-2 : 「1) PS-2 の構築物、系統及び機器の損傷又は故障により敷地周辺公衆に与える放射線の影響を十分小さくするようにする構築物、系統及び機器
2) 異常状態への対応上、特に重要な構築物、系統及び機器」
- ④MS-3 : 「1) 運転時の異常な過渡変化があっても、MS-1、MS-2 とあいまって、事象を緩和する構築物、系統及び機器
2) 異常状態への対応上、必要な構築物、系統及び機器」

表2. 2-2 「JEAG4611-1991 表-3 重要度分類と設計上の要求事項」における中央制御室外原子炉停止盤の記述内容

安全機能を有する計測制御装置		多重性又は多様性	独立性	耐環境性	耐震性	非常用電源	試験	品質保証	記録	備考	
PS-1		-	-	-	-	-	-	-	-	◎、○：要求する(*) △：推奨する ×：特に要求しない -：該当するものなし (*) [耐環境性] ◎：事故時の耐環境性 ○：通常運転時又は運転時の異常な過渡変化時の耐環境性 [耐震性] ◎：A又はASクラス ○：Cクラス (注1) 事故時必要とされるもの (注2) 原子炉運転中における試験 (注3) その当該系が多重性又は多様性及び独立性を有する場合は、計測制御装置もこれに準ずる。 (注4) 制御室からの安全停止機能に関連するもの (注5) 特に重要なもの [未臨界の維持、原子炉停止後の除熱、炉心冷却(EGCS)の情報監視]	
MS-1	安全保護系	◎	◎	(注1) ◎○	◎	◎	(注2) ◎	◎	△		
	MS-1の系統・機器を直接制御するもの	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△		
PS-2		-	-	-	-	-	-	-	-		
MS-2	MS-2の系統・機器を直接制御するもの	燃料プール水の補給	×	×	○	◎	◎	◎	-		
		放射性物質放出の防止(オフガス系隔離弁等)	(注3) ◎	(注3) ◎	○	○	×	◎	◎		-
		異常状態の緩和(加圧器逃がし弁等の手動操作)	(注3) ◎	(注3) ◎	◎	◎	◎	◎	◎		-
		制御室外からの安全停止	×	×	○	(注4) ◎○	(注4) ◎	◎	◎		-
	事故時のプラント状態の把握(停止、冷却、閉じ込めの監視)のために最小限必要となる情報提供系	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		
	安全性を確保するための急速な手動操作の判断に最小限必要となる情報提供系	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		
	MS-1の系統・機器の主たる情報を監視するもの	(注5) ◎	(注5) ◎	◎	(注5) ◎○	◎	◎	◎	◎	△	
PS-3	異常状態の起因事象となるプラント計測制御装置(安全保護系を除く)	×	×	○	○	×	◎	◎	△		
MS-3	MS-3の計測制御装置	×	×	○	○	×	◎	◎	△		

3. 国内先行プラントの中央制御室外原子炉停止盤に関する調査

前章にて、国内外の中央制御室外原子炉停止盤に関する規格・基準類の調査を実施したが、これらの規格・基準類では一般的な記述にとどまっており、設計上の仕様については明記されていない。

従って、国内先行プラントにおいては、これらの規格・基準類をベースに実際にどのような設計仕様で設計しているかについて調査することとした。

対象プラントは、

- (1) BWR
- (2) PWR
- (3) FBR原型炉

の3種類とした。尚、PWRに関しては、知りうる限りの情報をベースとした。

尚、調査結果については、各先行プラント毎に調査した結果を規格・基準類との対比形式で表3-1に示した。

又、FBR原型炉については、参考の為、中央制御室外原子炉停止盤に設置されている監視・操作機器一覧として、表3-2(1)、(2)に示した。

表3-1 先行プラント調査結果と規格・基準類との比較(1/5)

軽水炉(BWR)の例		軽水炉(PWR)の例		FBR原型炉の例	
設計条件等	該当規格・基準類	設計条件等	該当規格・基準類	設計条件等	該当規格・基準類
<p>(1)装置の設置目的 万一運転員が中央制御室に接近できない状態が生じた際に、中央制御室外原子炉停止装置盤からの遠隔手動操作によって、原子炉をスクラム状態から安全に冷温停止させることを目的としている。</p> <p>(2)主要設計前提条件 中央制御室に接近できない状態が発生した場合にも以下の事項は確保されていることを前提としている。 ①中央制御室で運転員が手動スクラム可能であること ・運転員は次のいずれかの方法により原子炉をスクラムさせると同時にタービンをトリップさせる a. 中央制御室制御盤のスクラムボタンおよびタービンスタートトリップボタンを押す b. 現場の原子炉緊急停止系電源のMCCBを開とする 又、タービンはタービン本体のマスタートリップによりトリップさせる</p> <p>②原子炉停止用の電源は、 1)直流電源、及び通常外部電源 2)非常用ディーゼル発電機のいずれかによって確保されているものと仮定する 尚、DGは所内電源喪失で自動起動するが、万一自動起動しなかった場合は、現場DG制御盤で手動起動させる。但し、母線の非常用電源への切り替えは、中央制御室外原子炉停止盤上でおこなう</p>	<p>(1) 全般的に以下に基づくものと考えられる。 ・発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針 指針42 ・NRC TITLE 10 CFR Appendix A, criterion 19 ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12,L ・IAEA安全シナジー No.50-C-D(R1) 原子力発電所の安全基準 設計607 ・IAEA安全シナジー No.50-SG-D3 原子力プラントにおける保護系及び関連施設 安全指針 7.8.3 ・IAEA安全シナジー No.50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.10</p> <p>(2) ①手段については規定なし。 全般的に以下に基づくものと考えられる。 ・発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針 指針42 ・NRC TITLE 10 CFR Appendix A, criterion 19 ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12,L ・IAEA安全シナジー No.50-C-D(R1) 原子力発電所の安全基準 設計604</p> <p>②電源種別は明確な規定なし。 72時間以内の冷温停止の為、この時間内は確保されているという前提。 ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12,L-3,5</p>	<p>(1)想定事象 退避事象は、規制側においても明確にはされていないが、PWRの場合、中央制御室の火災、およびこれに伴う煙、有毒ガス発生による退避は考えないものとしている。 即ち、中央制御室において火災が発生する可能性を極力抑えるよう、中央制御室内の主要ケーブル、制御盤などは原則として不燃性、難燃性材料を使用するとともに、中央制御室に火災検知器および消火器を設置する。 万一、中央制御室外で有毒ガスが発生したと仮定しても中央制御室空調装置の外気取り入れを手動遮断し、閉回路循環方式に切り替えることにより、有毒ガスによる障害を受けないようにしている。</p> <p>(2)設計上の前提条件 PWRでの設計の前提条件を以下に示す。 ①中央制御室の部分的火災は起こりうるが、その為に中央制御室を退避する必要はないものとする ②中央制御室からの退避は、他の事故と重複、或いは他の事故に引き続いて起こることはないものとする ③中央制御室退避後に外部電源喪失もありうるものとする ④運転員が退避必要と判断した場合、なんらの処置もせず即時に退避するものとする</p>	<p>(1) ・IAEA安全シナジー No.50-C-D(R1) 原子力発電所の安全基準 設計604</p> <p>(2) ①特に規定なしと思われる。 ② ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12, L-3 ・IAEA安全シナジー No.50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.10 ③ ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12, L-1 ④ ・NRC TITLE 10 CFR Appendix A, criterion 19 但し、制御室外で停止できるという観点であり、何らの処置もせず即時に待避するとは明記していない。</p>	<p>(1)装置の設置目的 何らかの原因で中央制御室に滞在できない場合にも、中央制御室外から原子炉を停止し、引き続き安全な状態に維持できるような設備を設ける。 基本的に軽水炉と同じであり、特に退避事象は明確にしていない。</p> <p>(2)主要前提条件 原型炉の場合、基本的に軽水炉をベースに設計している為、PWR/BWRの考え方の折衷案となっているが、どちらかといえば、PWRベースに近い。 原型炉の場合の設計の前提条件は以下。 ①中央制御室からの退避は運転時の異常な過渡変化、および事故事象と重複、或いはこれらの事象に引き続いて起こることはないものとする。 ②退避後に外電喪失はありうるものとする ③主タービン圧力制御は、安全サイドに考え、機能喪失しているものと仮定する ④退避が必要となった場合、運転員は何らの処置もせず即時に退避するものとする</p>	<p>(1) 全般的に以下に基づくものと考えられる。 ・発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針 指針42 ・NRC TITLE 10 CFR Appendix A, criterion 19 ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12,L ・IAEA安全シナジー No.50-C-D(R1) 原子力発電所の安全基準 設計607 ・IAEA安全シナジー No.50-SG-D3 原子力プラントにおける保護系及び関連施設 安全指針 7.8.3</p> <p>(2) ① ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12,L-3 ・IAEA安全シナジー No.50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.10 ② ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12,L-1 ③特に規定はないものと思われる。本条件は原子炉にとって安全側。 ④ ・NRC TITLE 10 CFR Appendix A, criterion 19 但し、制御室外で停止できるという観点であり、何らの処置もせず即時に待避するとは明記していない。</p>

表3-1 先行プラント調査結果と規格・基準類との比較(2/5)

軽水炉(BWR)の例		軽水炉(PWR)の例		FBR原型炉の例	
設計条件等	該当規格・基準類	設計条件等	該当規格・基準類	設計条件等	該当規格・基準類
<p>③主タービン圧力制御は、安全サイドに考え、機能喪失しているものと仮定する</p> <p>④中央制御室に接近できない状態になってから中央制御室外原子炉停止盤側に制御を切り替えるまでは、中央制御室外原子炉停止盤に関する中央制御室制御盤の機能は健全と仮定する</p> <p>(3)設計基準 上記(2)以外に以下の設計基準を設けている。</p> <p>①中央制御室外原子炉停止盤は、中央制御室制御盤での制御回路の短絡、地絡、開放に関係なく、中央制御室外から原子炉を冷温停止させることが可能な設計とする。従って、以下の監視・操作機能を設ける</p> <p>a. 主蒸気逃し安全弁による減圧 b. RIGに炉水位維持、および炉心冷却 c. RHR系停止時冷却モード d. RHR系パルジョン・ル冷却モード e. RHR、非常用DGの機器冷却系 f. 所内電源の切り替え</p> <p>②中央制御室外原子炉停止盤の機能が要求される時は、同時に冷却材喪失事故は仮定しない。よって、中央制御室外原子炉停止盤からの非常用炉心冷却系の制御は必要ないものとする</p> <p>③中央制御室外原子炉停止装置に使用している系統の単一故障はないものとする</p> <p>④DGによる非常用電源の確保は、中央制御室外原子炉停止盤の機能が要求される時には、中央制御室外原子炉停止盤上の切り替えスイッチにより中央制御室制御盤からの信号を全て切り離し、現場のDG制御盤上で中央制御室制御盤に関係なく制御できる様に設計する</p>	<p>③特に規定ないものと思われる。本条件は、原子炉にとって安全側条件。</p> <p>④特に規定ないものと思われる。中央制御室外原子炉停止盤を運用する上での基本的仮定と考えられる。</p> <p>(2)設計基準</p> <p>①</p> <ul style="list-style-type: none"> ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12.L-7 ・IAEA安全シ-ス No.50-SG-D3 原子力プラントにおける保護系及び関連施設 安全指針 7.8.3 <p>②</p> <ul style="list-style-type: none"> ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12.L-1 ・IAEA安全シ-ス No.50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.10 <p>③</p> <ul style="list-style-type: none"> ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12.L-6 ・IAEA安全シ-ス No.50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.10 <p>④</p> <ul style="list-style-type: none"> ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12.L-6,3,5 <p>但し、DG制御盤上で行う旨の具体的記述なし</p>	<p>⑤退避後も、中央制御室内の制御盤は完全に操作可能状態にあるものとする。即ち、機器の中央制御室外からの安全な運転を妨げるような故障、或いは何らかの事故を生じさせるような故障は、制御盤には起こらず、又、すべての必要な自動制御装置は支障なく作動するものとする</p> <p>(3)設計方針 上記(2)の前提条件を踏まえ、以下のように設計している。</p> <p>①中央制御室から退避せざるを得なくなった場合にも、制御室外にて原子炉を即座に停止し、高温停止状態を維持し、必要に応じて低温停止状態に導くことができるような設計とする</p> <p>②中央制御室外原子炉停止盤は、周辺補機棟に設置する。但し、操作器を設置するものは、手動操作を行う頻度の高いもの、時間的に急を要するものを原則とし、それ以外は現場操作器を操作する。尚、中央制御室の操作に優先する切り替えスイッチを設置する</p> <p>③中央制御室出口近傍に、中央制御室外原子炉停止換気盤を設け、中央制御室の再立ち入りに必要な換気空調装置の補機類の操作器を設ける。本盤にも中央制御室外原子炉停止盤同様、中央制御室の操作に優先する切り替えスイッチを設置する。</p>	<p>⑤</p> <ul style="list-style-type: none"> ・IAEA安全シ-ス No.50-C-D(R1) 原子力発電所の安全基準 設計 604 <p>但し、「すべての運転状態において…」という下りの観点からであり、中央制御盤が健全であるとは明記していない。</p> <p>(3)</p> <p>①全般的に以下に基づくものと考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針 指針4.2 ・NRC TITLE 10 CFR Appendix A, criterion 19 ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12, L ・IAEA安全シ-ス No.50-C-D(R1) 原子力発電所の安全基準 設計 607 ・IAEA安全シ-ス No.50-SG-D3 原子力プラントにおける保護系及び関連施設 安全指針 7.8.3 ・IAEA安全シ-ス No.50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.10 <p>②</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針 指針4.2 ・NRC TITLE 10 CFR Appendix A, criterion 19 ・IAEA安全シ-ス No.50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.10 <p>③</p> <ul style="list-style-type: none"> ・IAEA安全シ-ス No.50-C-D(R1) 原子力発電所の安全基準 設計 604 	<p>⑤退避後も、中央制御室内の制御盤は完全に操作可能状態にあるものとする。即ち、機器の中央制御室外からの安全な運転を妨げるような故障、或いは何らかの事故を生じさせるような故障は、制御盤には起こらず、又、すべての必要な自動制御装置は支障なく作動するものとする</p> <p>(3)設計方針 上記(2)をベースに以下の方針で設計している。</p> <p>①中央制御室から退避せざるを得なくなった場合、中央制御室外にて原子炉を即時に停止し、引き続き安全な状態に維持できるような設計とする</p> <p>②原子炉停止時には、プラントを自動制御回路により崩壊熱除去運転状態に移行させるものとするが、万一、作動渋滞が発生した場合に速やかなバックアップ操作を行うことにより、作動失敗を防止できる機器、および停止中に操作を行う頻度の高い機器の操作器は中央制御室外原子炉停止盤から操作できる設計とする</p> <p>③中央制御室制御盤での操作に優先して行えるようにするために中央制御室外原子炉停止盤上に系統分離を考慮して一括切り替えスイッチを設け、中央制御室制御盤からの制御回路を切り離すことができる設計とする</p>	<p>⑤</p> <ul style="list-style-type: none"> ・IAEA安全シ-ス No.50-C-D(R1) 原子力発電所の安全基準 設計 604 <p>但し、「すべての運転状態において…」という下りの観点からであり、中央制御盤が健全であるとは明記していない。</p> <p>(3)</p> <p>①全般的に以下に基づくものと考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針 指針4.2 ・NRC TITLE 10 CFR Appendix A, criterion 19 ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12, L ・IAEA安全シ-ス No.50-C-D(R1) 原子力発電所の安全基準 設計 607 ・IAEA安全シ-ス No.50-SG-D3 原子力プラントにおける保護系及び関連施設 安全指針 7.8.3 ・IAEA安全シ-ス No.50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.10 <p>②</p> <ul style="list-style-type: none"> ・IAEA安全シ-ス No.50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.10 <p>③</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針 指針4.2 ・NRC TITLE 10 CFR Appendix A, criterion 19 ・IAEA安全シ-ス No.50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.10

表3-1 先行プラント調査結果と規格・基準類との比較(3/5)

軽水炉(BWR)の例		軽水炉(PWR)の例		FBR原型炉の例	
設計条件等	該当規格・基準類	設計条件等	該当規格・基準類	設計条件等	該当規格・基準類
⑤中央制御室外原子炉停止盤上の切り替えスイッチを切り替えた場合、中央制御室に警報を出力する	⑤ ・IAEA安全シ-ズ No.50-C-D(R1) 原子力発電所の安全基準 設計604 ・IAEA安全シ-ズ No.50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.9	④自動制御装置は支障なく作動するものとするが、原子炉の安全停止に最低限必要となる自動制御装置については、原子炉の安全停止を確実にするため、中央制御室外で手動操作を行うことを原則とする	④ ・IAEA安全シ-ズ No.50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.10	④現場操作を必要とするものについては、非常用照明設備および通信設備を設ける	④特に規定はないものと思われる。
⑥通常は、切り替えスイッチは施錠できる様にしておく	⑥ ・IAEA安全シ-ズ No.50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.10	⑤原子炉の安全停止に最低限必要となる機器は、手動操作を原則とするが、外部電源喪失時には必要機器は自動起動させる	⑤ ・IAEA安全シ-ズ No.50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.10 ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12, L-1	⑤誤操作防止のために常時ロックできるようにするとともに、使用時は中央制御室に警報表示を行うものとする。尚、操作は盤のハンドルカバー(アクリル製)を壊して扉をあげてから行う	⑤ ・IAEA安全シ-ズ No.50-C-D(R1) 原子力発電所の安全基準 設計604 ・IAEA安全シ-ズ No.50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.9, 4.10
⑦中央制御室外原子炉停止盤の耐震クラスはASクラスとし、安全系に適用される分離を考慮する	⑦ ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12, L-6, 7 ・IAEA安全シ-ズ No.50-SG-D1 BWR, PWR 及び PTR の安全機能及び機器分類 安全指針 8.6 ・IAEA安全シ-ズ No.50-SG-D3 原子力プラントにおける保護系及び関連施設 安全指針 7.8.3 但し、耐震クラスASの明記なし	⑥安全停止に必要な換気設備の内、格納容器再循環ファンは、中央制御室外原子炉停止盤に操作器を設置する。その他のものは、操作性を考慮して換気空調装置集中現場盤に設置する	⑥ ・発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針 指針4.2 ・NRC TITLE 10 CFR Appendix A, criterion 19 ・IAEA安全シ-ズ No.50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.10 但し、「安全停止に必要な...」という観点からであり、具体的に換気設備について明記なし。	⑥通常は、切り替えスイッチは施錠できる様にしておく	⑥ ・IAEA安全シ-ズ No.50-C-D(R1) 原子力発電所の安全基準 設計604 ・IAEA安全シ-ズ No.50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.9, 4.10
⑧中央制御室外原子炉停止盤の機能が要求される事態は、他の異常状態を復帰させている時には起こらないものとする	⑧ ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12, L-3 ・IAEA安全シ-ズ No.50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.10	⑦中央制御室外原子炉停止盤室から現場操作区域迄の通路、および現場操作が必要となる全ての区域に支障のないような非常用照明設備を設置するものとする	⑦特に規定がないものと思われる。	⑦中央制御室外原子炉停止盤の耐震クラスはASクラスとし、安全系に適用される分離を考慮する	⑦ ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12, L-6, 7 ・IAEA安全シ-ズ No.50-SG-D1 BWR, PWR 及び PTR の安全機能及び機器分類 安全指針 8.6 ・IAEA安全シ-ズ No.50-SG-D3 原子力プラントにおける保護系及び関連施設 安全指針 7.8.3 但し、耐震クラスASの明記なし。
⑨中央制御室外原子炉停止盤を設置する場所は、待避せざるを得ない原因が影響をあたえない場所とし、その部屋には施錠する	⑨ ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12, L-3, 5 ・IAEA安全シ-ズ No.50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.10	⑧中央制御室を中継せず、必要な現場間、および外部との連絡が可能なように通信設備を設ける	⑧特に規定がないものと思われる。	⑧中央制御室外原子炉停止盤の機能が要求される事態は、他の異常状態を復帰させている時には起こらないものとする	⑧ ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12, L-3 ・IAEA安全シ-ズ No.50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.9, 4.10
⑩中央制御室外原子炉停止盤設置部屋と発電所内/外の必要な箇所との通信手段を考慮する	⑩特に規定なし	⑨通常運転時に中央制御室外原子炉停止盤、他換気系の盤の誤操作を防止するため、常時ロック可能とし、使用時には中央制御室に警報表示する	⑨ ・IAEA安全シ-ズ No.50-C-D(R1) 原子力発電所の安全基準 設計604 ・IAEA安全シ-ズ No.50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.9, 4.10 但し、換気系盤に関しては明記なし。	⑨中央制御室外原子炉停止盤を設置する場所は、待避せざるを得ない原因が影響をあたえない場所とし、その部屋には施錠する	⑨ ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12, L-3, 5 ・IAEA安全シ-ズ No.50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系安全指針 4.10
⑪同部屋には、非常用電源による照明設備が設けられるものとする	⑪特に規定なし				

表3-1 先行プラント調査結果と規格・基準類との比較(4/5)

軽水炉(BWR)の例		軽水炉(PWR)の例		FBR原型炉の例	
設計条件等	該当規格・基準類	設計条件等	該当規格・基準類	設計条件等	該当規格・基準類
<p>(4)中央制御室外原子炉停止盤設置機器の考え方 中央制御室外原子炉停止盤には、以下の基準で操作・表示機器を設置している。</p> <p>①原子炉スクラム後の高温停止状態から低温停止状態に導くために必要な最小限の計装制御機器</p> <p>②原子炉停止に必要な系統を運転する時、他系統との隔離が必要な場合は、隔離のための制御機器。(但し、隔離弁が2個あるような場合はその内の1個が制御されればよい)</p> <p>③中央制御室外原子炉停止盤からの操作は手動を主とし、原則として自動制御ロジックは含まない。但し、操作対象機器の必要最小限の保護インタロックは備える</p>	<p>(4)</p> <p>①</p> <ul style="list-style-type: none"> ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12, L-6 ・IAEA 安全シリーズ No. 50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.10 <p>②</p> <ul style="list-style-type: none"> ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12, L-6 ・IAEA 安全シリーズ No. 50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.10 <p>③</p> <ul style="list-style-type: none"> ・IAEA 安全シリーズ No. 50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.10 			<p>⑩中央制御室外原子炉停止盤設置部屋と発電所内/外の必要な箇所との通信手段を考慮する同部屋には、非常用電源による照明設備が設けられるものとする</p> <p>(4)操作 1)原子炉トリップ a)低圧電気設備室で原子炉トリップしゃ断器を手動で開とする b)現場でタービンを手動トリップする</p> <p>(5)回路切り替え 1)切り替えスイッチは、中央制御室外原子炉停止盤に置く</p> <p>2)各種インタロック信号の切り離しは行わない。即ち、各モード(中央/中央制御室外)においても各種インタロック信号の機能は維持されるものとする</p> <p>3)計器回路では、中央制御盤側と中央制御室外原子炉停止盤側とは、回路の切り替えは行わず、同時に指示計等に接続して監視するものとする</p> <p>4)中央制御室外原子炉停止盤で操作する場合は、中央制御盤に以下の表示を行う ・切り替え時：警報および補機状態表示の消灯 ・中央制御室外原子炉停止盤の扉開の警報</p>	<p>⑩特に規定はないものと思われる。</p> <p>(4)手段については、規定なし。一般的に以下に基づくものと考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針 指針4.2 ・NRC TITLE 10 CFR Appendix A, criterion 19 ・NRC TITLE 10 CFR Appendix R, criterion 12, L ・IAEA 安全シリーズ No. 50-C-D(R1) 原子力発電所の安全基準 設計604 <p>(5)</p> <p>1)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・IAEA 安全シリーズ No. 50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.10 <p>2)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・IAEA 安全シリーズ No. 50-C-D(R1) 原子力発電所の安全基準 設計604 <p>但し、「全ての運転状態において…」という下りの観点からであり、中央制各種インタロック機能が維持されるとは明記されていない。</p> <p>3)特に規定はないものと思われる。</p> <p>4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・IAEA 安全シリーズ No. 50-C-D(R1) 原子力発電所の安全基準 設計604 ・IAEA 安全シリーズ No. 50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 4.9、4.10

表3-1 先行プラント調査結果と規格・基準類との比較(5/5)

軽水炉(BWR)の例		軽水炉(PWR)の例		FBR原型炉の例		
設計条件等	該当規格・基準類	設計条件等	該当規格・基準類	設計条件等	該当規格・基準類	
				(6) 操作・監視機器 操作・監視機器について、表-3.1、3.2に示す。 基本的に操作器は、崩壊熱除去運転に必要な機器、および、原子炉トリップ時に作動モードがかわるものを対象としている。 尚、監視計器については、炉心除熱状態が把握できるもの、崩壊熱除去運転を行うための主要パラメータ、同除去運転中にプラントの異常がないことの確認を行うものについて対象としている。		

表3-2(1) FBR原型炉の中央制御室外原子炉停止盤操作機器

No	操作機器	機能
1	1次主冷却系循環ポンプポニーモータ	崩壊熱輸送、輸送路の確保
2	1次主冷却系循環ポンプ潤滑油系オイルリфтаポンプ	
3	機器冷却系ポニーモータ冷却ファン	
4	2次主冷却系循環ポンプポニーモータ	
5	蒸気発生器入口止め弁	
6	補助冷却設備空気冷却器出口止め弁	
7	補助冷却設備手動操作許可SW	崩壊熱除去
8	補助冷却設備空気冷却器用送風機	
9	同上入口ベーン	
10	補助冷却設備空気冷却器入口ダンパ	
11	補助冷却設備空気冷却器出口ダンパ	
12	補助冷却設備空気冷却器用送風機速度切替	
13	補助冷却設備空気冷却器出口Na温度設定切替	2次冷却材量の確保
14	蒸発器オーバフロー止め弁	
15	2次系ポンプオーバフローコラムオーバフロー止め弁	OF/T熱過渡排除
16	過熱器液面制御系止め弁	補助冷却設備カバーガス維持
17	過熱器均圧ライン止め弁	

注1)本表は、1ループ分。

注2)基本的に現場で操作可能なもの、或いは監視計器のあるものは除外している。

表3-2(2) FBR原型炉の中央制御室外原子炉停止盤監視機器

No	監視計器	機能
1	空気冷却器入口Na温度計	崩壊熱除去運転上必要な パラメータの監視
2	空気冷却器出口Na温度計	
3	空気冷却器出口Na流量計	
4	空気冷却器出口Na温度設定器(指示計付き)	
5	空気冷却器出口止め弁開度計	
6	空気冷却器用送風機入口ベーン開度計	
7	空気冷却器出口ダンパ開度計	
8	空気冷却器入口空気温度計	
9	原子炉容器Na液面計	崩壊熱除去運転中のプラントの 状態に異常のないことの確認
10	蒸発器カバーガス圧力計	
11	2次主冷却系循環ポンプオーバフローコラム液面計	

注1)本表は1ループ分。

注2)基本的に現場で操作可能なもの、或いは監視計器のあるものは除外している。

4. 「常陽」中央制御室外原子炉停止盤必要性検討

前章までに、国内外の中央制御室外原子炉停止盤に関する規格・基準類の調査、並びに先行軽水炉及びFBR原型炉の中央制御室外原子炉停止盤に関する設計条件等について調査し、その設置の考え方、設計上の考慮等について把握した。

ここでは、「常陽」に中央制御室外原子炉停止盤が必要か否かについて、「常陽」の特質を踏まえた上で検討することとし、まずは「常陽」の炉心冷却機能の整理を行った上で、火災・爆発の観点も含めて、その要否を検討した。

4.1 「常陽」の炉心冷却機能

(1)冷却系の概要

「常陽」の冷却系は、図 4.1-1 に示したとおり、主冷却系（1 次、2 次）と補助冷却系（1 次、2 次）とから構成されている。

主冷却系、補助冷却系ともに 1 次系の冷却材ナトリウムは炉内を循環し、中間熱交換器を介して、それぞれの 2 次冷却系に熱伝達している。

「常陽」の主冷却系は、2 ループであり、それぞれ循環ポンプ、中間熱交換器を有している。

尚、中間熱交換器を経由して 2 次冷却系に伝達された熱は、2 次冷却系の 4 台の主冷却器（空気冷却器）にて冷却された後、大気に放出される。（2 基／ループ）

一方、補助冷却系については、主冷却系がその機能を喪失した場合に炉心からの崩壊熱除去を行う系統であり、主冷却系同様、中間熱交換器、空気冷却器を設置している。本系統は、通常運転時にも低流量にて作動している。

尚、補助冷却系の循環ポンプは機械式ポンプではなく、電磁ポンプを適用している。

以上のとおり、通常運転時には、炉心で発生する熱を最終的に 2 次冷却系の主冷却器で冷却後、大気に放散しているが、原子炉停止時の崩壊熱除去運転も本系統で実施するシステムとなっている。

尚、補助冷却系は、主冷却系のバックアップ系である。

以上、図 4.1-2～図 4.1-5 に 1 次冷却系、2 次冷却系、1 次補助冷却系、2 次補助冷却系の主要系統図を示した。

又、上記系統の中央制御盤上の監視・操作機器について表 4.1-1 に整理した。

(2) 炉心崩壊熱除去運転の概要

1) 通常の炉心冷却

主冷却系が健全である時の炉心崩壊熱除去運転は、以下の様に実施している。

即ち、

①スクラム（中性子束高など1次主循環ポンプトリップ以外）

スクラム発生により、1次、2次主循環ポンプとも定格流量運転のまま

②スクラム（1次主循環ポンプトリップ時）

スクラム発生により、1次系：ポニーモータ運転、2次系：定格流量運転

③スクラム（電源喪失時）

スクラム発生により、1次、2次主循環ポンプトリップ、1次系はその後、ポニーモータ自動起動による強制循環運転、一方、2次系の主循環ポンプにはポニーモータは設置されておらず、自然循環運転

④制御棒一斉挿入（2次主循環ポンプトリップ時以外）

①に同じ

⑤制御棒一斉挿入（2次主循環ポンプトリップ時）

1次系は定格流量運転のまま、2次系は自然循環運転

一方、2次冷却系の主冷却器は送風機を手動停止（又は電源喪失により自動停止）し、主冷却器出口ダンパは全開のまま、入口ダンパ及び送風機入口ベーンは、その開度制御により通風量を制御して、除熱をおこなっていく。

尚、主冷却器の除熱量は、1基あたり約25 MW tである。

2) 補助冷却系による炉心冷却

主冷却系による炉心崩壊熱除去運転の開始、或いは運転中に1次冷却系ポニーモータがトリップした場合、又は原子炉容器液位低低となった場合には、主冷却系のバクアップ系としての補助冷却系にて除熱する運用となっている。

補助冷却系は、インタロック作動により、1次補助冷却系の電磁ポンプ及び補助送風機が自動起動し、強制循環除熱を行う。

但し、過冷却防止の為、手動にて送風機停止することができ、ベーン/ダンパ

の開度制御にて通風量を制御、除熱する。

空気冷却器 1 基あたりの除熱量は、約 2.6 MW t である。

以上より、通常の原子炉停止後の除熱は、基本的に 1 次冷却系から 2 次冷却系に、中間熱交換器を介して強制循環、或いは自然循環によって熱伝達し、最終的に主冷却器（空気冷却器）により除熱する運用で、主冷却器にあつては、入口ダンパ及び送風機入口ベーンのみがアクチュエータであり、調節計によりこれらの開度を調節して結果的に原子炉出口温度を制御する方法としている。

万一、1 次冷却系の強制循環機能であるポニーモータがトリップするような場合には、補助冷却系での強制循環除熱によって、崩壊熱除去可能であり、アクチュエータとしては、1 次補助電磁ポンプ/2 次補助電磁ポンプ、並びに補助冷却器の入口ダンパ及び送風機入口ベーンとなる。

従って、万一のことを考慮しても最終的に補助冷却系が機能すれば除熱可能であり、これらの機能は総合機能試験においても確認されている。

但し、「常陽」の場合、自然循環除熱能力が十分にあることが自然循環試験によって確認されてはいるものの、自然循環による炉心冷却機能は設置許可申請書には記載がなく、担保していないことから、炉心冷却機能の観点で中央制御室外原子炉停止盤を議論する場合、基本的には上記 1 次、2 次主冷却系、並びに 1 次、2 次補助冷却系の 4 系統についての検討が必要である。

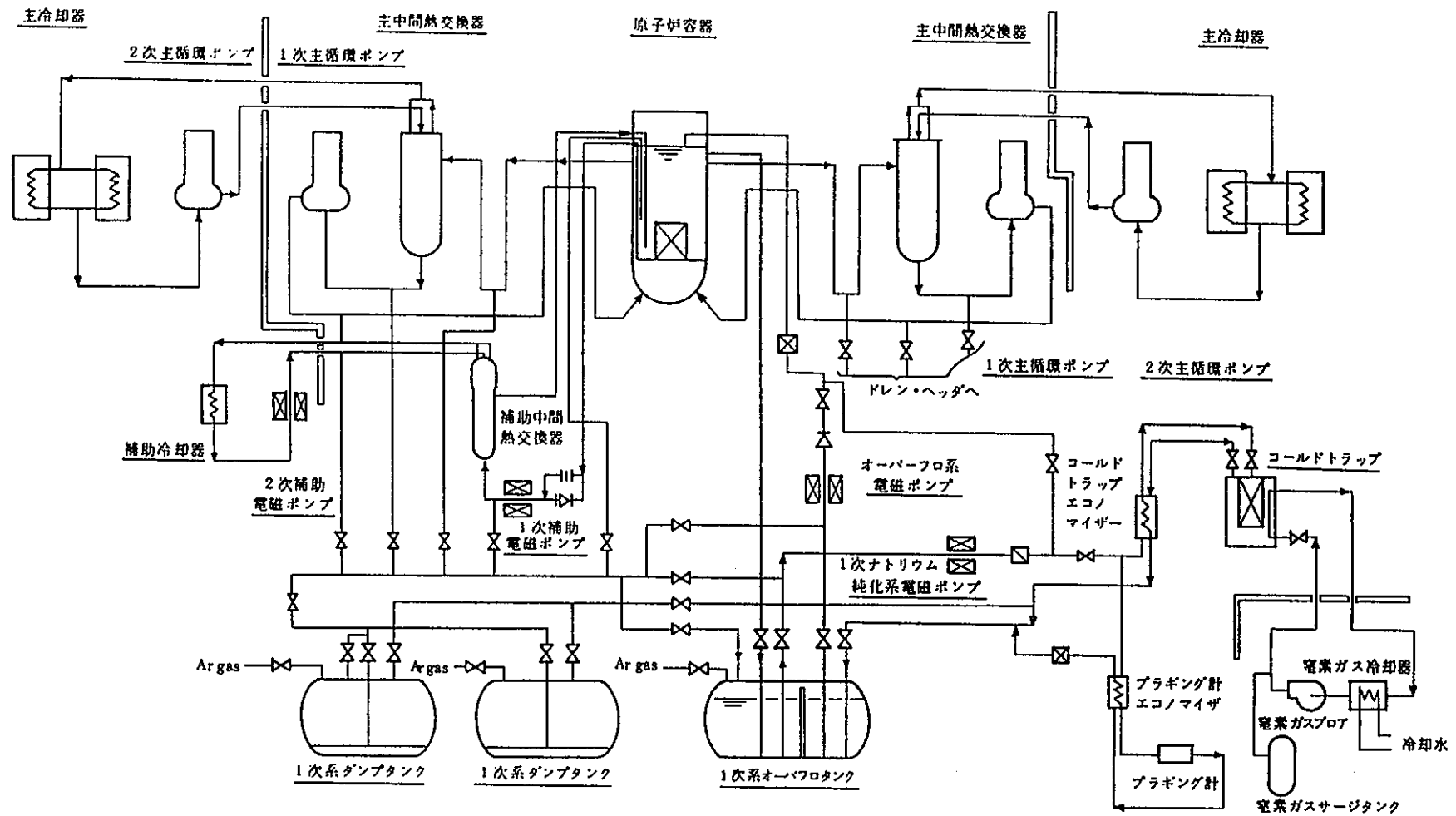


図4. 1-1 「常陽」全体系統図

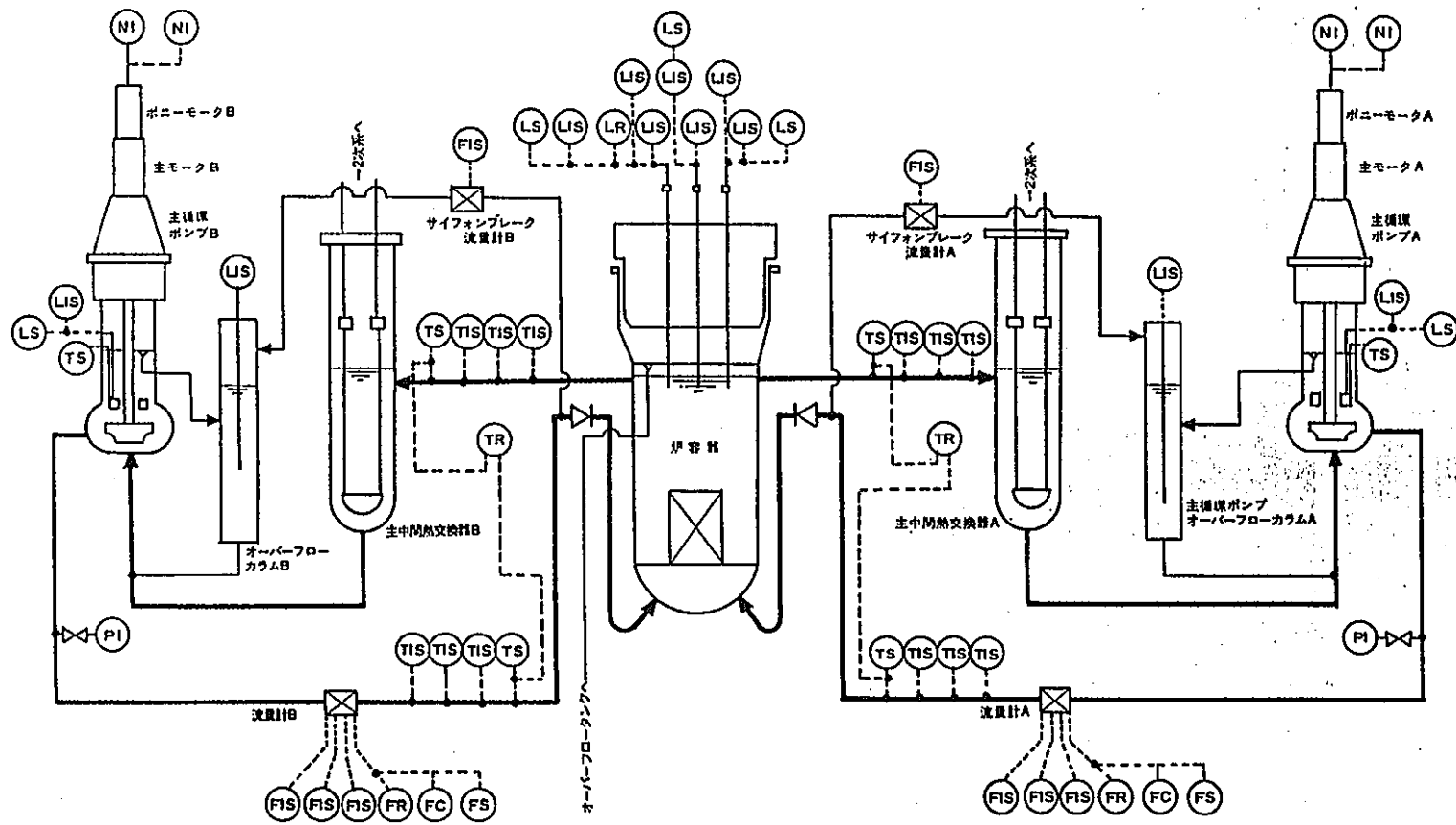


図4. 1-2 1次主冷却系系統図

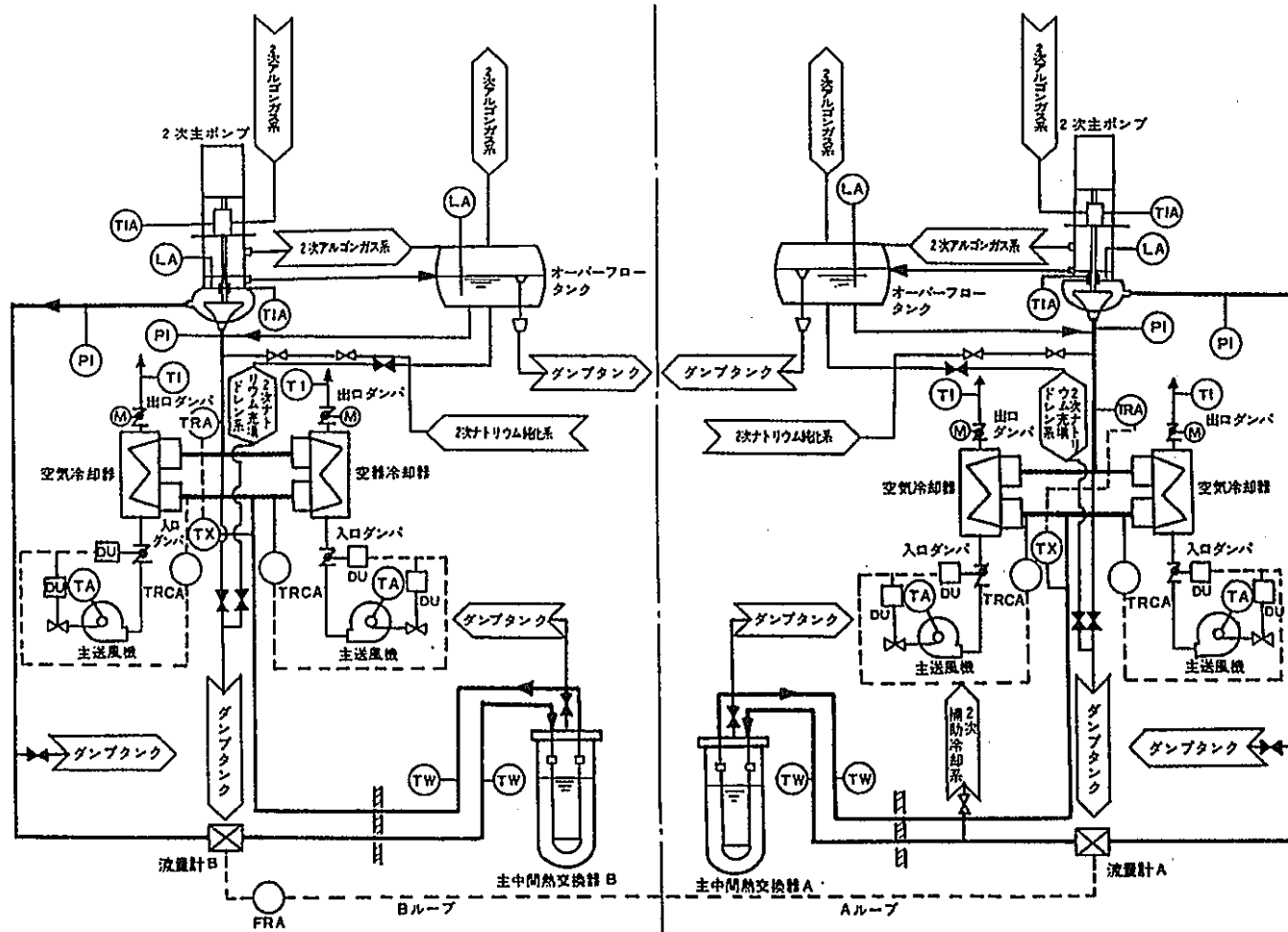
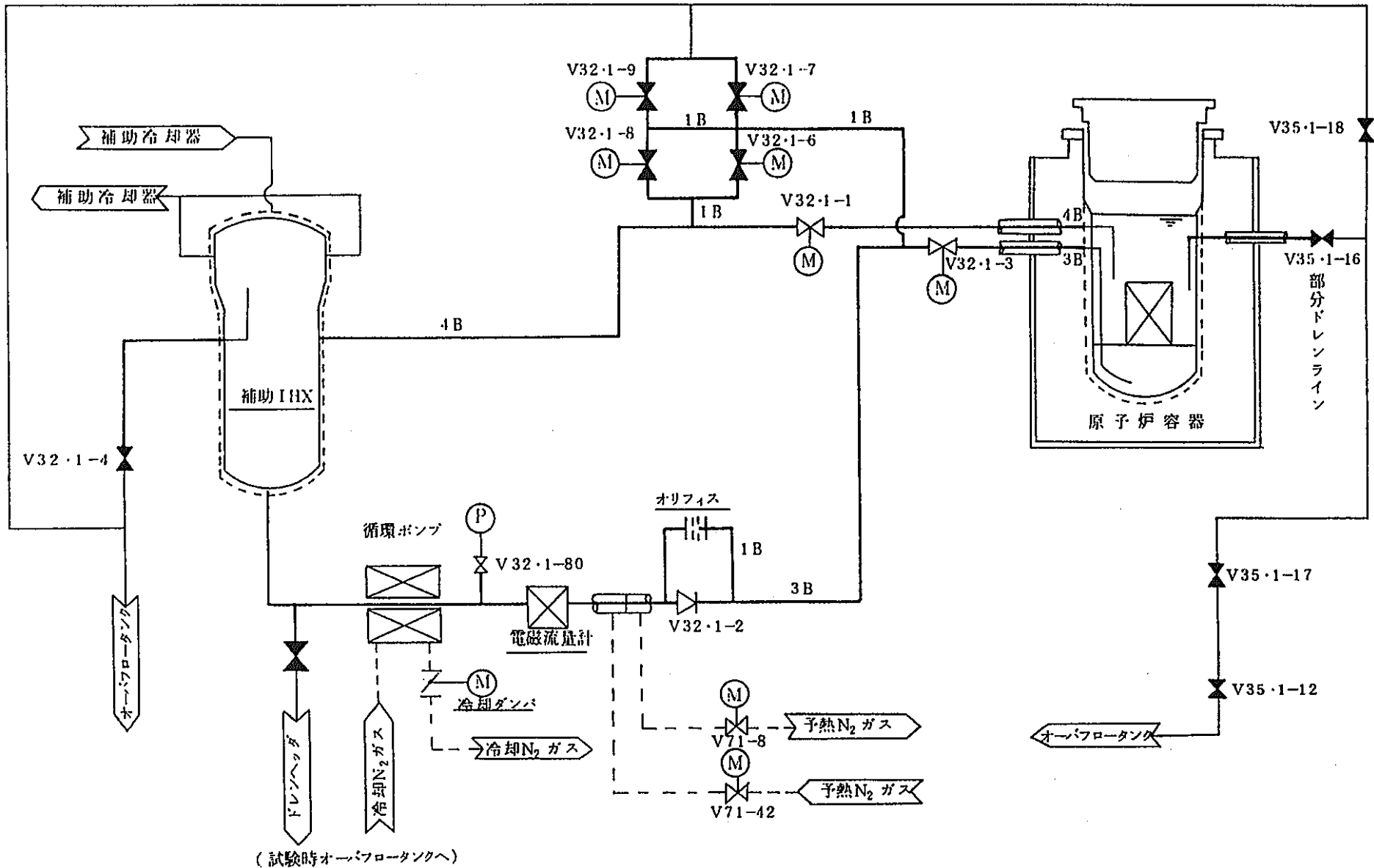


図4. 1-3 2次主冷却系系統図

— 部は二重管構造



(試験時オーバフロータンクへ)

図4. 1-4 1次補助冷却系系統図

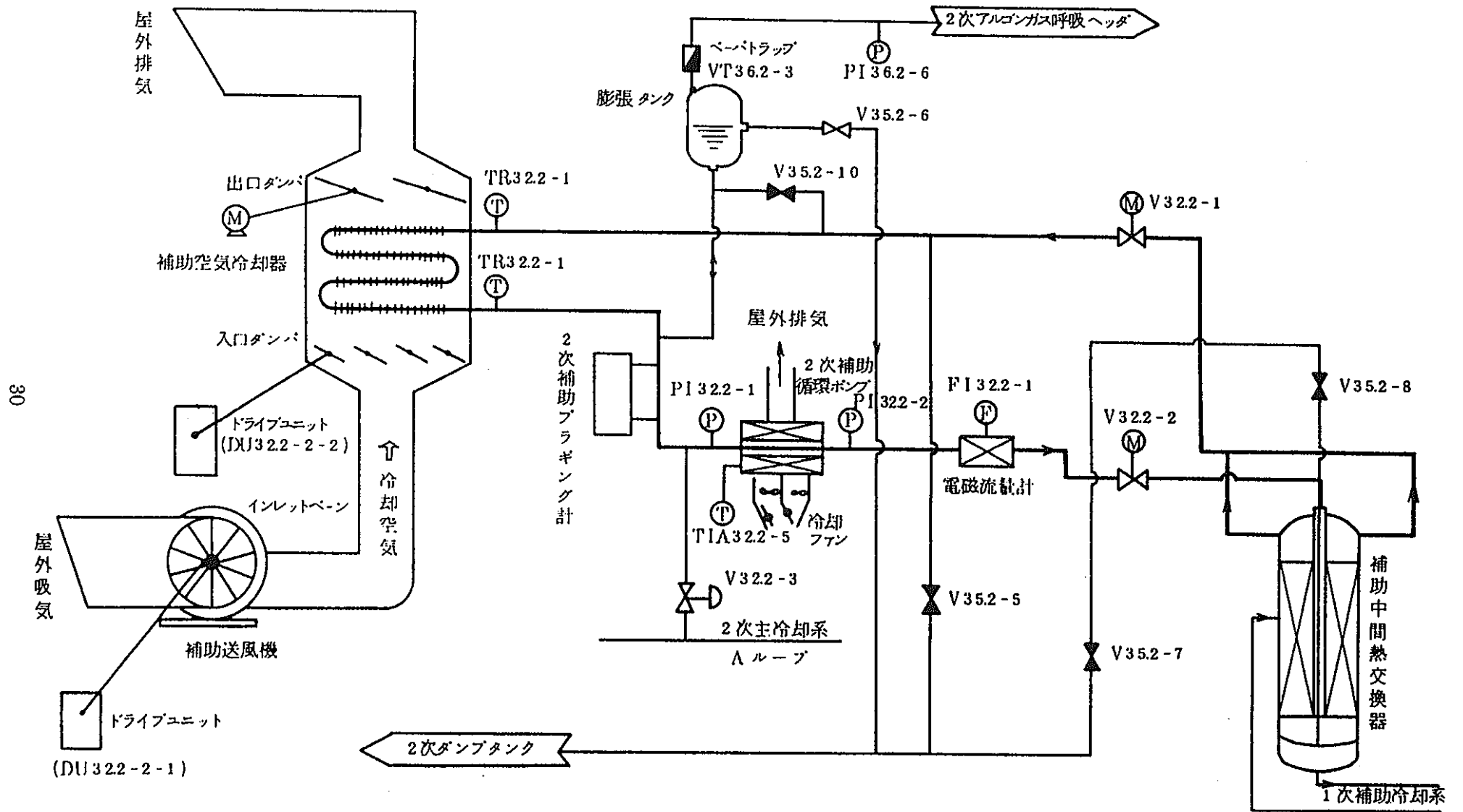


図4. 1-5 2次補助冷却系系統図

表 4.1.-1(1/2) 主冷却系・補助冷却系の中央制御盤設置監視・操作機器

系 統	操 作・監視機器	備 考
1 次冷却系関連	1 次主循環ポンプ CS	
	1 次主循環ポンプポニーモータ CS	
	潤滑油ポンプ CS	
	潤滑油ポンプ予備機選択 COS	
	主循環Na流量 制御器	
	1 次主循環ポンプ出口圧力 指示計	
	1 次主循環ポンプ回転数 指示計	
	炉容器Na液位 記録計	
	原子炉入口出口Na温度 記録計	
	オーバフローコラムNa液位 指示計	
	主循環ポンプNa液位 指示計	
	炉容器カバーガス圧力 記録計	
	オーバフロータンクNa温度 記録計	
	オーバフロータンクNa液位 記録計	
	サイフォンブレイク流量 指示計	Na漏洩時に監視
2 次冷却系関連	2 次主循環ポンプ油ポンプ CS	
	2 次主循環ポンプ抵抗ファン CS	
	2 次主循環ポンプ速度制御装置 CS	
	2 次主循環ポンプ操作切替 COS (現場/中央)	
	2 次主循環ポンプ CS	
	2 次主循環ポンプNa軸受温度 指示計	
	2 次主循環ポンプ回転数 指示計	
	主送風機「単独/連動」切替 COS	
	主送風機 CS	
	主冷却器出口ダンパ CS	
	主冷却器出口ダンパ開度 指示計	
	主冷却器出口Na温度 調節計	

表 4.1.-1(2/2) 主冷却系・補助冷却系の中央制御盤設置監視・操作機器

系 統	操 作・監視機器	備 考
1次補助冷却系関連	1次補助EMP冷却ダンパ CS	
	1次補助EMP CS	
	1次補助EMP・IVR CS	
	補助系炉容器入口弁 CS	電動弁。通常、開状態。
	補助系炉容器出口弁 CS	電動弁。通常、開状態。
	1次補助EMP冷却ダンパ開度 指示計	
	1次補助EMP出口圧力 指示計	
	1次補助EMP電圧 指示計	
	1次補助冷却系流量 記録計	
2次補助冷却系関連	2次補助EMP・IVR CS	
	2次補助EMP冷却ファン CS	
	2次補助EMP CS	
	2次補助冷却系流量 指示計	
	補助送風機 CS	
	補助冷却器出口ダンパ CS	
	補助冷却器入口ダンパ 開度設定器	
	補助冷却器出口Na温度 調節計	
	補助冷却器出口ダンパ開度 指示計	
	補助冷却器入口Na温度 記録計	
	ホットレグ止め弁 CS	
	コールドレグ止め弁 CS	
	膨張タンクNa液位指示計	

4.2 「常陽」中央制御室外原子炉停止盤必要性検討

4.2.1 規格・基準類からの必要性検討

(1)国内規格・基準との整合性

国内規格・基準としては、2.2 に示したとおり、「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」の指針 4 2 がある。

同指針内容は、表 2.2-1 に示したとおりであるが、審査指針は軽水炉の設置許可申請における安全性確保の観点から、その設計の妥当性を判断するために設けられたものであり、原子炉施設の一般的な設計基準を指向したものではない。

又、安全設計の一部が同指針に適合しない場合であっても、それが技術的な改良、進歩等を反映したものであって、同指針を満足したと同様、又はそれを上回る安全性が確保し得ると判断される場合にはこれを排除するものではないとしている。

一方、高速増殖炉に関する指針類としては、「高速増殖炉の安全性の評価の考え方」（昭和 55 年 11 月 6 日 原子力安全委員会決定）（一部改訂 平成 2 年 8 月 30 日）があるが、本指針は実験炉「常陽」の経験を踏まえ諸外国における高速増殖炉の安全性評価の考え方も参考に、制定時点での当面の安全性評価の対象である原型炉「もんじゅ」を念頭に検討されたものであり、同指針では、既存の安全審査指針との関係を整理し、以下についてはそのまま適用するのではなく、参考とすべきとしている。

「また、発電用軽水型原子炉施設を対象とした次の指針についても、これらを参考とすべきと考えるが、この場合、特に LMFBR に特徴的な面に関しては、別紙にその考え方を示した。」

- (イ) 「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針について」
- (ロ) 「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針について」
- (ハ) 「発電用軽水型原子炉施設に関する耐震設計審査指針について」

以上、「高速増殖炉の安全性の評価の考え方」2.検討結果(3)②より抜粋

以上より、必ずしも国内規格・基準である「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針について」をそのまま適用する必要はないといえる。

しかしながら、同指針を尊重するとすれば、制御室外の適切な場所から原子炉を停止させることができる必要があり、その具体的展開は、先行軽水炉、FBR原型炉の例を参照しつつ、「常陽」の特質を踏まえた上で設計条件を定める必要がある。

(2) 国外規格・基準との整合性

国外規格・基準としては、2.1 に示したとおり、NRC TITLE 10 CFR Part 50 Appendix A, criterion 19, 及び Appendix R, criterion 12, L がある。

表 2.1-1 に示したとおり、Appendix A, criterion 19 では、制御室に関する基本的要求条件を規定したもので、制御室外での操作に関する記述は、単に、「制御室外での操作室は……」と記載しているのみで、施設しなければならないとの記述はない。

一方、Appendix R, criterion 12, L においては、追加の制御場所を施設しなければならないという表現とはしていないが、火災の観点から要求される追加の制御場所と炉停止性能に関する記述として、これ自体独立した節となっている。

導入初期の軽水炉（BWR）では、上記 Appendix A, criterion 19 を尊重して中央制御室外原子炉停止盤に関する設計条件をメーカー側でまとめ、設計してきた経緯があり、現状は、Appendix R, criterion 12, L も念頭においた設計条件にて設計している実態から、実質上、効力をもつ基準であると考えられる。

日本における「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」の指針 42 についても、これらを参考にしたと思われる表現方法となっていることから、新規プラント設計上は勿論、「常陽」でも新たに中央制御室外原子炉停止盤を設置する場合には、参考とすべき基準であると考えられる。

一方、IAEA安全シリーズにあつては、表 2.1-3 に示したとおり、追加の制御場所に関する記述は全て、Shall 表現であり、これを施設しなければならないという表現方式をとっているが、これは、これら基準類を行政活動に適用

することを決定した場合にも内容をそのまま適用できるようにという配慮の結果であって、加盟各国の法律上及び規制上の枠組みの中で、安全規制の基礎として尊重すべきとの姿勢から、必ずしもこれを満足させる必要はないといえる。

又、これらの中で述べられている要求及び勧告は、古い発電所では必ずしも十分に満足されないおそれが多分にあることから、古い発電所にこれらを適用するかどうかの決定は、状況に応じてケースバイケースで行われるべきであるとしている。

従って、必ずしもこれらの内容を全て満足させる必要はなく、新たに施設するものがある場合には尊重すべきと考える。

4.2.2 火災・爆発の観点からの検討

ここでは、本検討作業の本題である東海事業所アスファルト固化処理施での火災・爆発事故に鑑み、「常陽」における火災・爆発事故の観点から、中央制御室外原子炉停止盤の必要性などについて検討することとした。

尚、火災・爆発に関しては、その事象が漠然としており、定量的な評価は本検討作業の中では不可能であることから、「常陽」のどこかで火災・爆発が発生したと仮定した場合に、中央制御室を待避せざるを得なくなる状況に陥るのかどうかについて、現状の「常陽」の設備設計等の観点から検討を進めるものとした。

又、検討にあたっては、電気技術指針（原子力編）「原子力発電所の火災防護指針：JEAG 4607-1986」を参考とした。

(1) 火災・爆発に至らしめる要因の整理

通常、発電用原子力設備においては、上記JEAG 4607をベースに、万一火災が発生しても、その延焼にともない安全上重要な構築物、系統・機器の安全機能を損なうことのない様、適切な防護措置をとっている。

「常陽」の場合、発電プラントではないが、プルトニウムを燃料とするナトリウム冷却型高速増殖炉であり、万一の事故発生時の公衆への影響・社会的影響度を考慮すれば、当然ながら火災防護の観点からも十分な検討が施されているものと考ええる。

その意味では、JEAG 4607をベースとしつつ、ナトリウム冷却型高速増殖炉に特有の事情を踏まえた火災防護がなされていると考える。

従って、ここでは、「常陽」において、火災・爆発に至らしめる危険因子として何があるのか、もしそれらに起因して火災・爆発が発生した場合にどのような防護措置がとられているのかについて整理し、この観点から中央制御室外原子炉停止盤の必要性等について検討した。

1) 火災・爆発の危険因子

原子力プラントでは、その機能達成の為、様々な設備・系統・機器が施設されており、これは「常陽」においても同様であって、火災・爆発の危険因子は

全くない訳ではなく、その因子として以下が考えられる。

①発火性・引火性材料

- ・発火性・引火性液体
- ・発火性・引火性気体
- ・発火性・引火性固体

②電気設備の過電流

- ・電気系統の短絡・地絡

③自然現象に起因するもの

- ・落雷
- ・地震

上記の内、②、③については、以下の観点から十分に保護されており、その可能性は非常に小さいものと考えられることから、特に火災・爆発の観点からより直接的であると考えられる上記①の観点での検討を施すこととした。

即ち、

②の観点：

電気系統の負荷には、短絡防止の為、コントロールセンター（C/C）、パワーセンター（P/C）、メタルクラッドスイッチギア（M/C）にそれぞれ過電流継電器が設置されており、それらの間では線路短絡許容電流、或いは選択しゃ断の観点から十分な保護協調がとられた設計となっており、過電流によるケーブル火災は考えにくい。

又、ケーブルは難燃性・不燃性材料を使用、又はケーブル火災対策が施されており、万一、短絡電流が許容電流を上回るような事があっても発火源である短絡電流がしゃ断されることから、燃焼しない。

更に、ケーブル貫通口等には延焼防止材が塗布されることから、その延焼は防護される。

一方、地絡に関しても必要な個所には地絡継電器、或いは地絡過電流継電器がほどこされている。特に予熱ヒータに関しては、電源系にてELCB（漏電しゃ断器）が設置され、過電流・地絡発生時にこれを選択しゃ断するような設計となっている。

従って、この意味から十分な防護がなされていると考える。

③の観点：

落雷に関しては、建築基準法に基づき、各建屋には避雷針が設置されており、落雷による火災発生の可能性を十分に低減しているものとする。

一方、地震に関しては、「常陽」の立地条件、過去の地震データ等に基づき、建物設計がなされ、各設備・系統・機器に必要な耐震クラスを設けて地震発生時の安全性確保が十分になされている。

従って、想定地震規模の範囲内では、それを起因とする火災・爆発の危険性は極めて低い。

といえる。

① 発火性・引火性材料の観点からの検討

「常陽」における、発火性・引火性材料としては、以下があげられると考えられる。

1)液体

- ・非常用ディーゼル発電機用燃料（重油）
- ・ボイラ用燃料（重油）
- ・冷却材ナトリウム
- ・ナトリウム洗浄用アルコール

2)気体

- ・具体的対象不明だが、試験用気体ボンベ等に収納のガス
(発電プラントにあつては、発電機冷却用水素ガスが代表的)

3)固体

- ・換気系チャコールフィルタ

上記の内、2)については、具体的にどのような気体を使用しているかは不明ではあるが、一般的に多く用いられるものは不活性気体であり、発火性はなく、仮に発火性・引火性気体があつたとしてもその使用量は非常に小さく、ボンベ内に収納されていることから、殆ど火災・爆発の危険性はないものと考えて良い。

又、3)については、チャコールフィルタは、いわゆる難燃性ではないものの、鋼製容器に収納され、温度管理も施されていることから、これに起因した火災・

爆発は考えにくいといえる。

次に 1) について検討した結果を述べる。

「常陽」の建屋配置は、図 4.2.2-1 に示したとおり、原子炉建屋の周りに原子炉付属建屋があり、少し距離をおいてとなりに主冷却機建屋、更に廃棄物処理建屋、メンテナンス建屋などがある。

ディーゼル発電機は、主冷却機建屋の地下 2 F に燃料タンクとともに配置されており、ボイラーは地下 1 F に燃料タンクとともに配置されている。

これらの燃料は一般に重油を使用しており、J E A G 4 6 0 7 に基づけば、漏洩防止対策、漏洩拡大防止、換気、貯蔵制限などが配慮されており、更に配置上の考慮として、万一、これらに起因する火災が発生した場合にも安全上重要な構築物・系統・機器の安全機能を損なわないような適切な配置が義務づけられており、万一の火災発生でもその検出、消化装置が適切に配置される。

「常陽」の場合、ディーゼル発電機燃料タンク／ボイラー燃料タンクは、原子炉建屋／原子炉付属建屋から離れた主冷却機建屋に設置され、しかもそれぞれ地下 2 F ／地下 1 F に配置されており、中央制御室は原子炉建屋を挟んで、主冷却機建屋と反対側の原子炉付属建屋に配置されていることから、その意味では適切な配置となっているものとする。

又、当然ながら、換気系の充実、漏洩防止／拡大防止対策がとられた上で、万一の火災発生に備え、検出・消化設備を充実しており、現場パトロールも適切に実施されていることから、中央制御室に与えるような火災・爆発の可能性は極めて低いものとする。

一方、冷却材ナトリウムに関しては、これを内包する配管・機器には高温構造設計、その化学的活性という特性を念頭においた材料を適切に使用していること、更に万一の漏洩に備え、早期検出という観点から、ナトリウム漏洩検出器を配管・機器・弁・タンク等に設置しており、万一のナトリウム漏洩の発生に対しても迅速な処置が施される設備・体制となっている。

しかしながら、原型炉「もんじゅ」でのナトリウム漏洩事故に鑑み、更なる漏洩監視能力の強化、漏洩の拡大防止策が事故後、速やかにとられており、火災検知システム、PHS を利用した通信設備の拡充が実施されてきている。

また、冷却材ナトリウムを内包する配管・機器・タンク等は、その殆どが原子

炉建屋の地下に配置されており、原子炉付属建屋の2Fに配置された中央制御室への影響は非常にすくないと考えてよく、従って、冷却材ナトリウムの漏洩による中央制御室の待避は非常に考えにくいといえる。

一方、メンテナンス時のナトリウム洗浄用アルコールに関しては、使用量制限があり、使用後は消火設備が備わった区画化された所定の場所に貯蔵される。

基本的には廃棄物処理建屋に移送されるものと考えるが、一部は原子炉建屋内に貯留されるものの、ディーゼル発電機用燃料／ボイラー用燃料と同等の所定管理体系下にて極めて厳重に管理されているといえる。

従って、この意味から、火災・爆発の可能性は小さく、まして原子炉付属建屋2Fに配置された中央制御室より待避せざるを得ない状況にはなりがたいものとする。

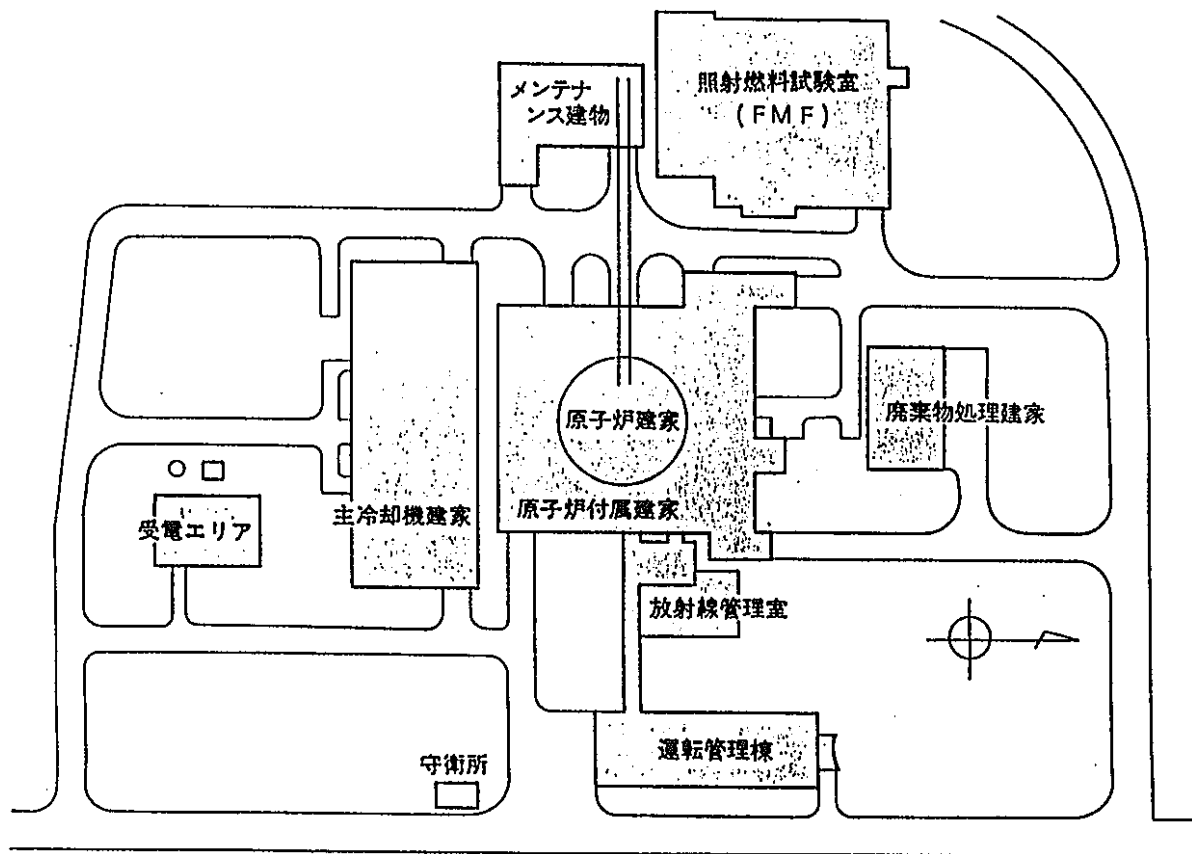


図4. 2. 2-1 「常陽」建物配置図

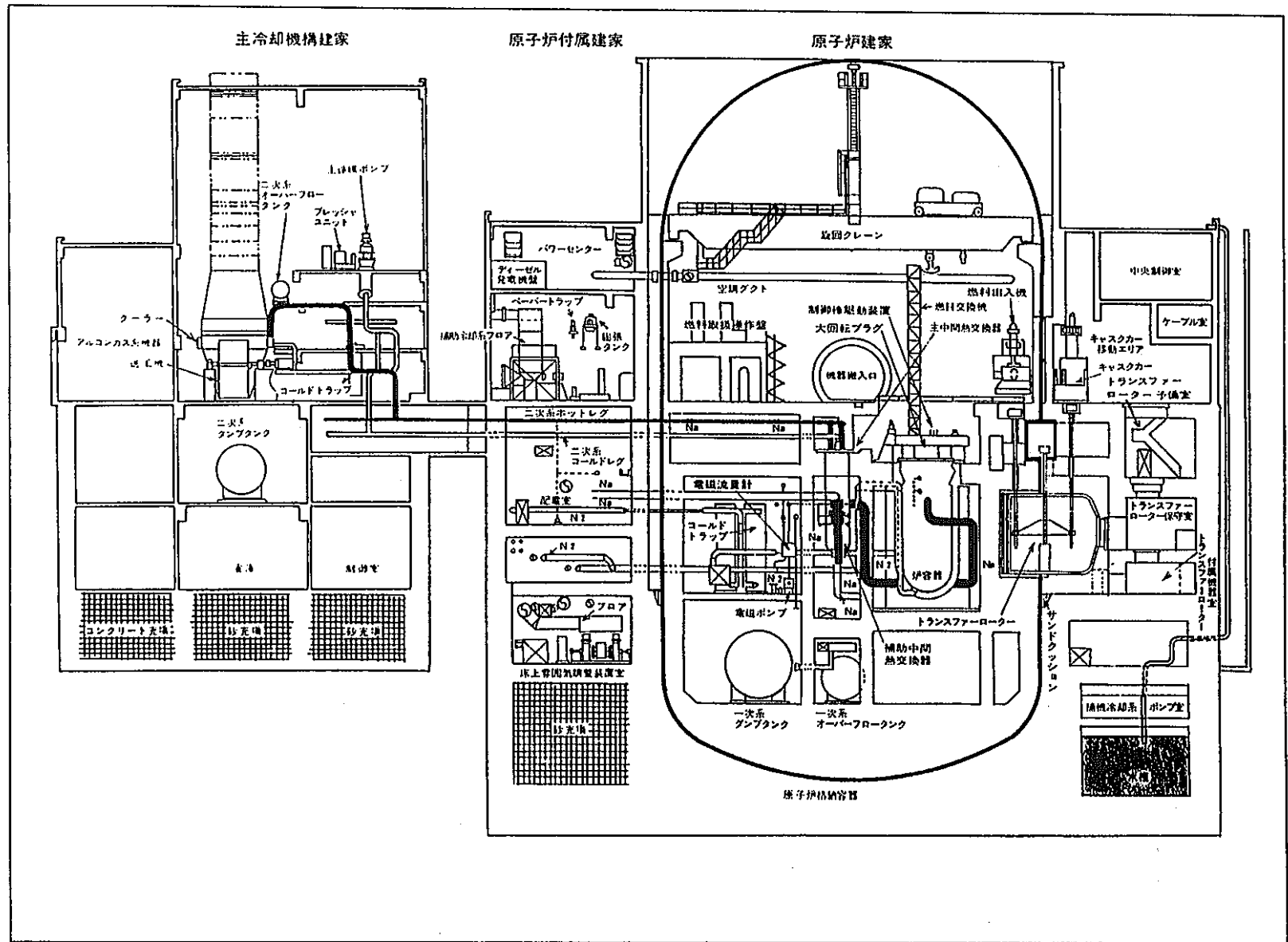


図 4. 2. 2-2 建屋内機器配置図

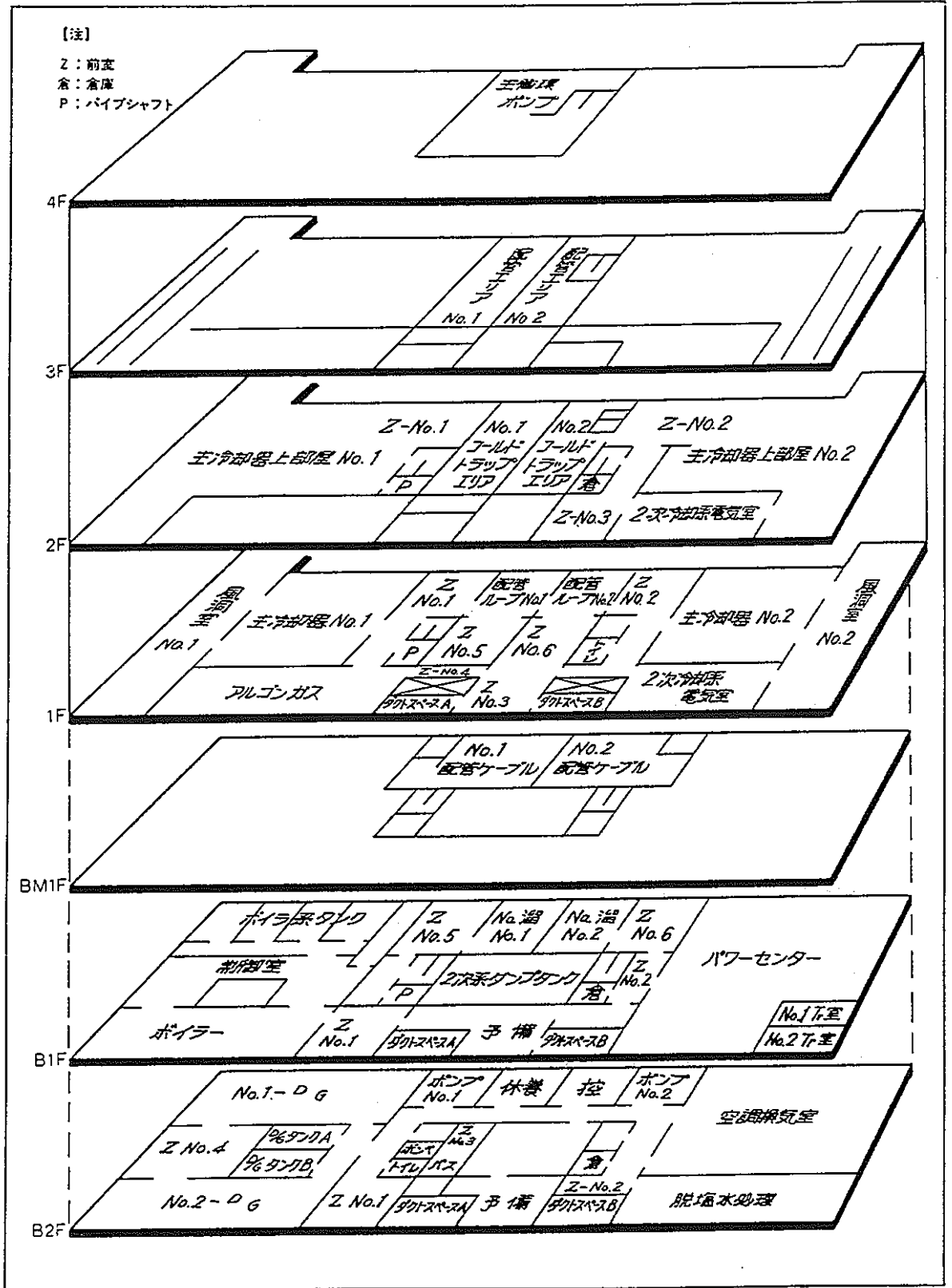


図 4. 2. 2-3 主冷却機建物配置図

4.3 必要性検討のまとめ

4.1、並びに 4.2 にて「常陽」の炉心冷却機能の調査、並びに国内外規格・基準に基づく調査・検討、火災・爆発の観点からの調査・検討を実施してきたが、これらの調査・検討結果から、以下に「常陽」として中央制御室外原子炉停止盤の必要性の有無についてまとめた。

(1)炉心冷却機能の観点から

「常陽」の炉心冷却機能は、1 次系、2 次系とも冷却材強制循環、或いは自然循環により、主冷却器通風量制御によって崩壊熱を除熱する運用である。

また、1 次主冷却系ポンプモータトリップ時等、熱輸送確保が不可能となって除熱不可能となった場合にも補助冷却系によって除熱可能なシステムとなっており、更に、これらは設置許可申請書には記載しないものの全自然循環によって、熱輸送が可能であり、除熱できるシステムとなっている。

即ち、熱輸送の観点で最悪のケースにあっても、除熱機能は喪失せず、熱輸送の観点からは何ら動的機器を動かす必要はない。

従って、最終段の補助冷却器入口ダンパ/送風機入口ベーンの電源確保がされていれば除熱制御可能であり、万一、電源断となっても電動駆動の為、フェイルアズイズにより通風路確保上の阻害要因はない。又、手動にて開閉動作可能でもある。

以上より、炉心冷却の観点からは、万一、中央制御室が使用できない場合にも除熱可能であり、その意味では設置の必要性は特にないものとする。

但し、上記はあくまでも電源が確保される、中央制御盤の機能は健全である、或いは、現場にアクセス可能であるなどの条件を伴うものであり、あらゆる事象に対して万全という意味ではない。

(2)国内外規格・基準類の観点から

基本的に発電用軽水型原子力発電所に対するものであり、そのまま「常陽」にあてはまるものではないが、原型炉「もんじゅ」の場合にもこれらを参考に、また先行プラント設計例を参考に中央制御室外原子炉停止盤を設置、設計条件を定めていることから、あくまでも新たに設置する場合の参照基準の位置づけとして

とらえるべきであると考える。

(3)火災・爆発の観点から

「常陽」における危険因子を調査・検討したが、火災・爆発の危険性をはらむ因子はディーゼル発電機燃料／ボイラー燃料等であり、基本的にはJ E A G 4607に基づいた適切な設備となっていること、F B Rに特有の冷却材ナトリウムに関しては、原型炉「もんじゅ」でのナトリウム漏洩事故に鑑み更なる追加の漏洩監視システムの拡充、火災検出システムの拡充、現場との連絡用通信設備（無線P H S）の導入などで適切な対策がほどこされていると考える。

従って、この意味でも中央制御室原子炉停止盤を設置すべき理由には直結しないものと考える。

以上より、「常陽」にあっては、現MK-II炉心のシステム構成であっても、仮に東海事業所での火災・爆発事故を念頭においたとしても、すぐに中央制御室外原子炉停止盤を設置すべき理由は見つからないといえる。

5. 「常陽」中央制御室外原子炉停止盤を設置する場合の検討

本章では、「常陽」に中央制御室外原子炉停止盤を設置する場合の検討を行った。

尚、検討の観点は、

- ①規格・基準類に基づく必要機能
- ②炉心冷却の観点からの必要機能

としたが、先行軽水炉、並びにFBR原型炉での設計状況を参考とした。

これらの結果から、最終的に「常陽」としての中央制御室外原子炉停止盤の必要監視・操作機器を選定し、中央制御室外原子炉停止盤のイメージを立案するとともに、これを設置する場所についての策定を実施した。

5.1 規格・基準類に基づく必要機能

全章での必要性に関する議論の結果から、国内外の規格・基準類を尊重するという観点から、これらに基づいて「常陽」としての必要機能について検討した。

検討結果は、表 5.1-1～表 5.1-2 に規格・基準類と対比させて整理した。

但し、これら規格・基準類は、具体的な設計条件を明確に提示している訳ではないことから、条文内容を尊重して、あてはまると思われるものについて記載した。

また、明らかに規定されていないと思われる個所については、その旨、記載した。

尚、IAEA安全シリーズに関しては、出来上がったプラントの設計条件から策定されたものと解釈できる記載ぶりであることから、やや具体的な記述となっている。

表 5. 1-1 (1/8)

NRC TITLE 10 CFR(Code of Federal Regulations) Part 50 Appendix A II. Protection by Multiple Fission Product Barriers Criterion 19: Control room			
	原文(抜粋)	和訳	基準に基づく「常陽」としての必要機能
内	<p>Criterion 19 – Control room</p> <p>A control room shall be provided from which actions can be taken to operate the nuclear power unit safely under normal conditions and to maintain it in a safe condition under accident conditions, including loss-of-coolant accidents.</p> <p>Adequate radiation protection shall be provided to permit access and occupancy of the control room under accident conditions without personnel receiving radiation exposures in excess of 5 rem whole body, or its equivalent to any part of the body, for the duration of the accident.</p> <p><u>Equipment at appropriate locations outside the control room shall be provided</u></p>	<p>基準 19: 制御室</p> <p>制御室は、通常運転時、並びに冷却材喪失事故を含む事故時にも原子炉を安全に運転・制御できるようにしなければならない。</p> <p>また、制御室への出入り、並びに居住にあたり、適切な放射線防護が施されていなければならず、その値は、事故が継続する間でも全身被曝で5レム以下、あるいは人体のどの部位でもそれと等価な値以下とする必要がある。</p> <p><u>制御室外での操作室は、適切なロケーションに配置するべきであり、</u></p>	<p>基準に基づく「常陽」としての必要機能</p>
容	<p><u>(1)with a design capability for prompt hot shutdown of the reactor, including necessary instrumentation and controls to maintain the unit in the safe condition during hot shutdown.</u></p> <p><u>and</u></p> <p><u>(2)with a potential capability for subsequent cold shutdown of the reactor through the use of suitable procedures.</u></p>	<p>(1) 原子炉を高温停止可能な設計とし、高温停止の間にも原子炉を安全な状態に維持するために必要な計測・制御器が用意されべきである。</p> <p>(2) 適切な運転手順により引き続き行われる低温停止が可能であること</p>	<p>(1)原子炉を高温停止可能とする為に、原子炉スクラム機能が必要 →CRD マグネット電源断 (現状、中央制御盤設置) 高温停止中も原子炉を安全な状態に維持すべく、計測・制御器が必要 →炉心冷却に必要な操作 →崩壊熱輸送、輸送路確保 →冷却材確保 →崩壊熱除去中の異常状態確認</p> <p>(2)適切な運転手順による低温停止 →基本的には自動制御による →補助冷却系運用時は、過冷却防止の為、送風機停止操作必要 →運転マニュアルの整備</p>

表 5. 1-1 (2/8)

NRC TITLE 10 CFR(Code of Federal Regulations) Part 50 Appendix R Criterion 12 L: Alternative and dedicated shutdown capability			
	原文(抜粋)	和訳	基準に基づく「常陽」としての必要機能
内 容	<p>Criterion 12,L-Alternative and dedicated shutdown capability</p> <p>1. Alternative or dedicated shutdown capability provided for a specific fire area shall be able to</p> <p>(a)achieve and maintain subcritical reactivity conditions in the reactor;</p> <p>(b)maintain reactor coolant inventory;</p> <p>(b)achieve and maintain hot standby conditions for a PWR (hot shutdown for a BWR);</p> <p>(d)achieve cold shutdown conditions within 72 hours; and</p> <p>(e)maintain cold shutdown conditions thereafter.</p> <p>During the postfire shutdown, the reactor coolant system process variables shall be maintained within those predicted for a loss of normal a.c. power, and the fission product boundary integrity shall not be affected ;i.e.,there shall be no fuel clad damage, rupture or any primary coolant boundary to rupture of the containment boundary.</p>	<p>基準 12 : 追加の制御場所と炉停止性能</p> <p>1. 火災の観点から要求される追加の制御場所と炉停止性能は、以下でなければいけない。</p> <p>(a) 未臨界状態を実現、または維持できること</p> <p>(b) 原子炉冷却材量を維持できること</p> <p>(c) PWRでは高温待機状態 (BWRでは高温停止) を実現、または維持できること</p> <p>(d) 72時間以内に低温停止状態とできること</p> <p>(e) その後の低温停止状態を維持できること。</p> <p>火災による原子炉停止の間も、冷却系は、想定された外部電源喪失事象に対し、プロセス変量は維持されなければならない、また、放射性バウンダリーもその健全性が脅かされないようにしなければならない。</p> <p>即ち、燃料集合体は健全、1次冷却系配管は破断しない、原子炉格納容器も破断してはいけない。</p>	<p>1.</p> <p>(a) ~ (e)</p> <p>原子炉を高温停止可能とする為に、原子炉スクラム機能が必要 →CRD マグネット電源断 (現状、中央制御盤設置)</p> <p>高温停止中も原子炉を安全な状態に維持すべく、計測・制御器が必要 →炉心冷却に必要な操作 →崩壊熱輸送、輸送路確保 →冷却材確保 →崩壊熱除去中の異常状態確認</p> <p>想定された外部電源喪失事象に対し、プロセス変量は維持する必要有 →駆動機器・制御回路電源の確保 ・DGバックアップ付非常用電源 ・直流電源 ・交流無停電電源</p> <p>中央制御室外原子炉停止盤の設計条件として冷却材漏洩を重ねあわせない</p>

表 5. 1-1 (3/8)

NRC TITLE 10 CFR(Code of Federal Regulations) Part 50			
Appendix R Criterion 12 L : Alternative and dedicated shutdown capability			
	原文(抜粋)	和訳	基準に基づく「常陽」としての必要機能
内容	<p>2.The performance goals for the shutdown functions shall be:</p> <p>a. The reactivity control function shall be capable of achieving and maintaining cold shutdown reactivity conditions.</p> <p>b. The reactor coolant makeup function shall be capable of maintaining the reactor coolant level above the top of the core for BWRs and be within the level indication in the pressurizer PWRs.</p> <p>c. The reactor heat removal function shall be capable of achieving and maintaining decay heat removal.</p> <p>d. The process monitoring function shall be capable of providing direct readings of the process variables necessary to perform and control the above functions.</p> <p>e. The supporting functions shall be capable of providing the process cooling, lubrication, etc., necessary to permit the operation of the equipment used for safe shutdown functions.</p>	<p>2. 原子炉停止機能に対する性能は以下である必要がある。</p> <p>a. 反応度制御機能は、低温停止状態を実現、維持できなければならない</p> <p>b. 原子炉水位は、BWRにあつては炉心頂部以上、PWRにあつては指示された水位以下に維持できること</p> <p>c. 原子炉除熱機能としては、崩壊熱を除去できること</p> <p>d. プロセスモニタは、上記機能遂行上、制御上必要なプロセス変量を直読できること</p> <p>e. 安全な炉停止に用いられる設備の運転を遂行するのに必要なプロセス冷却、潤滑などの機能が確保されなければならない</p>	<p>2</p> <p>a. 原子炉停止可能とする為に、原子炉スクラム機能が必要 →CRD マグネット電源断 (現状、中央制御盤設置)</p> <p>b. 炉内液面レベルの確保</p> <p>c. ~e. 原子炉を安全な状態に維持すべく、計測・制御器が必要 →炉心冷却に必要な操作 →崩壊熱輸送、輸送路確保 →冷却材確保 →崩壊熱除去中の異常状態確認</p>

表 5. 1-1 (4/8)

NRC TITLE 10 CFR(Code of Federal Regulations) Part 50 Appendix R Criterion 12 L: Alternative and dedicated shutdown capability			
	原文(抜粋)	和訳	基準に基づく「常陽」としての必要機能
50 内 容	<p>3. The shutdown capability for specific fire areas may be unique for each such area, or it may be one unique combination of systems for all such areas. In either case, the alternative shutdown capability shall be independent of the specific fire area(s) and shall accommodate postfire conditions where offsite power is available and where offsite power is not available for 72 hours.</p> <p>Procedures shall be in effect to implement this capability.</p>	<p>3. 想定火災区域での火災発生時の原子炉停止可能性は、これら想定火災区域の内、1つの区域での火災に対して考慮すべきか、若しくは、これらの全ての火災区域に対し、1つの組み合わせ火災に対して考慮すべきである。</p> <p><u>または、追加の制御場所での炉停止機能は、これらの想定火災区域とは独立であり、外部電源が利用可能、及び72時間以内は外部電源が利用できない火災後条件下においても適応できるようにすべきである。</u></p> <p><u>操作手順はこの機能を達成する様、実行されるべきである。</u></p>	<p>3. 原子炉を高温停止可能とする為に、原子炉スクラム機能が必要</p> <p>→CRD マグネット電源断 (現状、中央制御盤設置)</p> <p>高温停止中も原子炉を安全な状態に維持すべく、計測・制御器が必要</p> <p>→炉心冷却に必要な操作</p> <p>→崩壊熱輸送、輸送路確保</p> <p>→冷却材確保</p> <p>→崩壊熱除去中の異常状態確認</p> <p>想定された外部電源喪失事象に対しプロセス変量は維持する必要有</p> <p>→駆動機器・制御回路電源の確保</p> <ul style="list-style-type: none"> ・DGバックアップ付非常用電源 ・直流電源 ・交流無停電電源 <p>想定火災区域と隔離された制御場所の確保</p>

表 5. 1-1 (5/8)

NRC TITLE 10 CFR(Code of Federal Regulations) Part 50			
Appendix R Criterion 12 L : Alternative and dedicated shutdown capability			
	原文(抜粋)	和訳	基準に基づく「常陽」としての必要機能
内 容	<p>4. If the capability to achieve and maintain cold shutdown will not be available because of fire damage, the equipment and systems comprising the means to achieve and maintain the hot standby or hot shutdown condition shall be capable of maintaining such conditions until cold shutdown can be achieved.</p> <p>If such equipment and systems used prior to 72 hours after the fire will not be capable of being powered by both onsite and offsite electric power systems because of fire damage, an independent onsite power system shall be provided.</p> <p>The number of operating shift personnel, exclusive of the brigade members, required to operate such equipment and systems shall be onsite at all times.</p>	<p>4. もし、冷温停止を遂行、維持するための機能が火災の影響により喪失した場合にも、高温待機状態、あるいは高温停止状態を遂行、維持する手段を含んだ設備、系統は、冷温停止が達成されるまで、これらの状態を維持できる能力を確保する必要がある。</p> <p>もし、これらの設備・系統が、火災によるダメージの為に所内・所外の双方からも給電されない場合、1つの独立した所内電源系から給電されるように考慮されるべきである。</p> <p>火災防護班を除いた、ある所定の交代運転員らによって、いつ何時でもこれら設備・系統が使用できるようにすべきである。</p>	<p>4. 冷温停止遂行・維持、スクラム機能維持の観点から、以下が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> →CRD マグネット電源断 (現状、中央制御盤設置) →炉心冷却に必要な操作 →崩壊熱輸送、輸送路確保 →冷却材確保 →崩壊熱除去中の異常状態確認

表 5. 1-1 (6/8)

NRC TITLE 10 CFR(Code of Federal Regulations) Part 50 Appendix R Criterion 12 L: Alternative and dedicated shutdown capability			
	原文(抜粋)	和訳	基準に基づく「常陽」としての必要機能
内容	<p>5. Equipment and systems comprising the means to achieve and maintain cold shutdown conditions shall not be damaged by fire; or the fire damage to such equipment and systems shall be limited so that the systems can be made operable and cold shutdown can be achieved within 72 hours.</p> <p>Materials for such repairs shall be readily available on site and procedures shall be in effect to implement such repairs.</p> <p>If such equipment and systems used prior to 72 hours after the fire will not be capable of being powered by both onsite and offsite electric power systems because of fire damage, an independent onsite power system shall be provided.</p> <p>Equipment and system used after 72 hours may be powered by offsite power only.</p>	<p>5. 低温停止状態に遂行、維持するための手段を含む設備、システムは火災の影響により喪失してはならない。或いは、これらの設備、システムにダメージを与えるような火災は限定され、システムは運転継続可能であり、低温停止は72時間以内に達成されるようにすべきである。</p> <p>これらを修復するのに必要な用品はいつでも確保され、すぐに使用できるようにしておくべきで、その修復手順に基づいて実行されなければならない。</p> <p>火災発生後、72時間以内に火災によるダメージによって、これらの設備・システムが所内・所外双方からも給電されない場合には、独立した1つの所内電源から給電されるべきである。</p> <p>72時間を経過して使用される設備・システムは、所外電源からのみ給電されるべきである。</p>	<p>5. 低温停止遂行・維持、スクラム機能維持の観点から、以下が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> →CRD マグネット電源断 (現状、中央制御盤設置) →炉心冷却に必要な操作 →崩壊熱輸送、輸送路確保 →冷却材確保 →崩壊熱除去中の異常状態確認

表 5. 1-1 (7/8)

NRC TITLE 10 CFR(Code of Federal Regulations) Part 50 Appendix R Criterion 12 L: Alternative and dedicated shutdown capability			
	原文(抜粋)	和訳	基準に基づく「常陽」としての必要機能
内容	<p>6. Shutdown systems installed to ensure postfire shutdown capability need not be designed to meet seismic Category I criteria, single failure criteria, or other design basis accident criteria, except where required for other reasons, e.g., because of interface with or impact on existing safety systems, or because of adverse valve actions due to fire damage.</p>	<p>6. 火災後の炉停止を確実にするために設けられた炉停止系は、必ずしも耐震クラス I、単一故障条件、或いは他の設計ベース事故条件に合致するよう設計される必要はない。但し、他の理由、即ち、安全系への重大なインパクトに直面して、或いは火災の影響により弁が逆動作する等の理由を除く。</p>	<p>6. 炉停止系は冗長化されており、ルートも異なる。 炉停止機能を阻害するような弁はない。又、電源断にて CRD マグネットは切り離され、確実にスクラムする。</p>

表 5. 1-1 (8/8)

NRC TITLE 10 CFR(Code of Federal Regulations) Part 50				
Appendix R Criterion 12 L: Alternative and dedicated shutdown capability				
	原文(抜粋)	和訳		
内容	<p>7. The safe shutdown equipment and systems for each fire area shall be known to be isolated from associated non-safety circuits in the fire area so that hot shorts, open circuits, or shorts to ground in the associated circuits will not prevent operation of the safe shutdown equipment.</p> <p>The separation and barriers between trays and conduits containing associated circuits of one safe shutdown division and trays and conduits containing associated circuits or safe shutdown cables from the redundant division, or the isolation of these associated circuits from the safe shutdown equipment, shall be such that a postulated fire involving associated circuits will not prevent safe shutdown.</p>	<p>7. 火災を想定して施された安全な炉停止設備、系統は、火災区域での非安全系回路とは隔離されており、従って、接続回路における短絡、開路、地絡は安全系の炉停止設備の運転を阻害しないようにすべきである。</p> <p>1つの安全系区分に属する回路が接続される電路のコンジット、トレイと安全系の冗長化区分からのケーブルとの間の分離、並びに隔壁、或いは安全系の炉停止系に接続される回路との隔離は、接続回路を含めた想定火災が安全停止を阻害しないように施されるべきである。</p>	<p>7. 安全系は冗長化されており、単一故障基準を満足する設計となっている。</p> <p>又、ケーブルルート等も分離しており、阻害要因はない。</p>	

表 5. 1-2 (1/5) IAEA安全シリーズと「常陽」中央制御室外原子炉停止盤に対する要求条件

	No. 50-C-D (Rev. 1) 原子力発電所の安全基準 設計(1990年7月)	基準に基づく「常陽」としての必要機能
1	<p>制御室 604 制御室は、すべての運転状態において、そこから原子力発電所を安全に運転することができ、かつ、事故及び制御室の設計に用いられたような設計ベース事象の発生後において、そこから発電所を安全な状態に維持するため、又はそのような状態に復帰せしめるための処置をとることができるように、設けられなければならない。</p> <p>事故に基づく過度の放射線、又は有毒ガスのような、必要な運転員の行為を阻害するおそれのある災害の危険から制御室駐在員を守るために適切な対策が講じられなければならない。</p> <p>605 計装の配置及び情報の表示方法は、原子力発電所の状態及び挙動に関する全体像を運転員に与えるものでなければならない。</p> <p>606 状態を逸脱し、安全を損なうおそれのある運転の状態及びプロセスにつき、可視及び適切であれば可聴の指示を効率的に与えるために装置が設けられなければならない。</p> <p>追加の制御場所 607 <u>制御室から物理的及び電気的に分離された望むらくは、一個所に十分な計装及び制御機器を配置し、制御室で必要な安全機能を果たす能力が喪失した場合にも原子炉を停止状態にしてかつ維持し、残留熱を除去し、かつ重要な発電所変数を監視することができるようにしなければならない。</u></p>	<p>制御室 604 DBEに対して安全な状態に維持するための処置を講じることが中央制御室にて可能な設計となっている。</p> <p>又、放射線防護、並びに有毒ガス等、運転員の行為を阻害するおそれのある災害の危険からは中央制御室でとられている。</p> <p>即ち、前者にあつては原子炉炉構造上の観点から、後者にあつては空調系の設計の観点から、例えば再循環装置により中央制御室は防護される設計となっている。</p> <p>605 中央制御盤上に必要な監視・表示器具を備えている。</p> <p>606 中央制御室にてプロセス状態の把握が可能となっており、ページング設備等により効率的に指示を与えることができる。</p> <p>追加の制御場所 607 現状では施設されていない。以下の施設を検討する余地あり。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1)原子炉スクラム機能 <ul style="list-style-type: none"> ・CRDマグネット電源断機能 2)崩壊熱除去、重要な発電所変数の監視 <ul style="list-style-type: none"> ・炉心冷却に必要な操作 ・崩壊熱輸送、輸送路確保 ・冷却材確保 ・崩壊熱除去運転中の異常状態確認

表5. 1-2 (2/5) IAEA安全シリーズと「常陽」中央制御室外原子炉停止盤に対する要求条件

	No. 50-SG-D1 BWR,PWR 及び PTR の安全機能及び機器分類 安全指針 (1982年3月)	基準に基づく「常陽」としての必要機能
2	<p>8. 6 追加の制御場所</p> <p>プラント設計の中に追加の制御場所が設けられている場合、これらの場所にある情報表示は、主制御室から必要な安全機能を遂行する能力が失われた場合、それらを達成するために十分な情報を、運転員に提供するものでなければならない。</p> <p>自然現象及び人為事象（4章及び7. 8節を参照のこと）を検討した結果、主制御センターから分離された1つ又はそれ以上の追加の制御場所を使用するよう指示されている場合、これらの制御場所における表示の設計は、主制御センターの表示から機能上の隔離及び物理的独立性を確保するものでなければならない。</p> <p>必要な機能上の隔離及び物理的独立性は、ある場所にある表示が他の場所にある表示が故障又は損傷を受けた場合に必要に応じて機能しつづけるような方法で、7. 8節の設計原則にしたがっていないなければならない。</p> <p>初期事象の性質によっては、多重計装チャンネルを設置する必要が生じる可能性がある。</p> <p>安全系支援施設についての特殊な要求事項も必要となるかもしれない。</p>	<p>8. 6 追加の制御場所</p> <p>現状では施設されていない。以下の施設を検討する余地あり。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1)原子炉スクラム機能 <ul style="list-style-type: none"> ・ CRDマグネット電源断機能 2)崩壊熱除去、重要な発電所変数の監視 <ul style="list-style-type: none"> ・ 炉心冷却に必要な操作 ・ 崩壊熱輸送、輸送路確保 ・ 冷却材確保 ・ 崩壊熱除去運転中の異常状態確認

表5. 1-2 (3/5) IAEA安全シリーズと「常陽」中央制御室外原子炉停止盤に対する要求条件

	No. 50-SG-D3 原子力プラントにおける保護系及び関連施設 安全指針 (1981年3月)	基準に基づく「常陽」としての必要機能
3	<p>7. 8. 3 追加の制御場所 追加の制御場所が「基準」の3. 3節に記されているところに従って、設けられなければならない。</p> <p>制御室からは物理的及び電氣的に分離された場所にも十分な計測制御機器を配置し、制御室で必要な安全機能を果たす能力が壊失した場合にも原子炉を停止状態にし、かつ維持し、残留熱を除去し、かつ重要なプラント変数を監視することができるようにしなければならない。</p> <p>制御室におけるこれらの必要な安全機能を達成できないということは、制御室における機器の損傷又は制御室の居住性の喪失による場合であろう。設計ベースが制御室における機器の損傷を考慮に入れるよう要求している場合、7.8.1項に記されている機能上の隔離規定が、短絡、断線及び高電圧等、1つの区域におけるPIE（想定起因事象）によって生じた故障が他の区域における安全タスクの達成を妨げることのないよう、これらの区域に供給する回路に適用されなければならない。</p> <p>事象の性質及びプラントの設計により、各区域に多重の計装とロジック・チャンネル及びその他の安全機器を設置する必要がある可能性がある。</p> <p>共通の安全動作機器が使用される場合、制御場所信号の優先順位が、設計ベースの中に設定されなければならない。</p>	<p>7. 8. 3 追加の制御場所 現状では施設されていない。以下の施設を検討する余地あり。</p> <p>1)原子炉スクラム機能 ・CRDマグネット電源断機能</p> <p>2)崩壊熱除去、重要な発電所変数の監視 ・炉心冷却に必要な操作 ・崩壊熱輸送、輸送路確保 ・冷却材確保 ・崩壊熱除去運転中の異常状態確認</p> <p>3)上記崩壊熱除去機能達成上の多重性の確保については、「常陽」においてはA、B、2系統につき問題ない。また補助冷却系も具備しており、バックアップされている。</p>

表5. 1-2 (4/5) IAEA安全シリーズと「常陽」中央制御室外原子炉停止盤に対する要求条件

	No. 50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 (1985年12月)	基準に基づく「常陽」としての必要機能
4 (1)	<p>4.9 制御室</p> <p>4.9.2 安全関連の制御設備</p> <p>機器が制御室にある安全関連計測制御系により制御でき、また制御室外の場所からも制御できるならば、制御室及び安全関連の機器制御装置がある追加の制御場所において、実際の制御場所が視覚的な方法（例えば警報、指示光等）により自動的に指示されなければならない。</p> <p>制御室には、</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) 制御室外で必要な制御を実施することが事故状態により制限されるような事故状態、及び (b) 事故状態に対処するための時間的制約により運転員が制御室以外の場所で制御操作を行うために制御室を離れることができないような事故状態に対処するのに必要な全ての制御装置を含めるべきである。 	<p>4.9 制御室</p> <p>4.9.2 安全関連の制御設備</p> <ul style="list-style-type: none"> 1) 中央制御室外での運転操作中表示灯として、「現場／中央」操作切替SWが設置されており、状態表示灯により自動的に表示されている。 2) 制御室では、左記(a)(b)項の内容に関して、必要な情報提供装置、並びに対処するのに必要な制御装置が中央制御盤に施設されている。

表5. 1-2 (5/5) IAEA安全シリーズと「常陽」中央制御室外原子炉停止盤に対する要求条件

	No. 50-SG-D8 原子力プラントの安全関連計測制御系 安全指針 (1985年12月)	基準に基づく「常陽」としての必要機能
4 (2)	<p>4. 10 追加の制御場所</p> <p>追加の制御場所は、安全解析で識別された安全機能を主制御室から遂行する能力が失われた場合に、それらの機能を遂行するのに必要な施設である。</p> <p>これらの追加の制御場所は、制御室で典型的に遂行されている他の制御及び監視機能のすべてが遂行できることは要求されない。</p> <p>本節では追加の制御場所に設置された安全関連計測制御系に対する要求事項を示す。</p> <p>それらの要求事項は、最小限、十分に長い期間にわたる原子炉停止及び残留熱除去の全段階において監視及び制御できることを可能とするものでなければならない。</p> <p>追加の制御場所には不法な接近及び使用の防止のための方策を含めなければならない。</p> <p>追加の制御場所での手動制御は、簡単な操作、即ちスイッチ操作、ボタン押し等で遂行できなければならない。</p> <p>制御室及び追加の制御場所は、要求される安全機能を遂行できない程までにPIEにより同時に影響を受けることのないように設計されなければならない。</p> <p>ある特定の安全機能を開始するのに必要な優先権を主制御室又は追加の制御場所に与えることができることも確実にされなければならない。</p> <p>原子力プラントの設計ベースは、PIEによって制御室が使用不能になることは極めて稀であるようにするのが普通である。</p> <p>それ故、主制御室が使用できず、必要な安全機能が追加の制御場所から遂行されている時に第2のPIEが発生することを想定する必要はない。</p> <p>本指針の4.9.5節のうちの適用できる部分は追加の制御場所の設計で考慮すべきである。</p> <p>主制御室と追加の制御場所との間の目的及び使用の相違点を留意すべきである。</p>	<p>4. 10 追加の制御場所</p> <p>現状では施設されていない。以下の施設を検討する余地あり。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1)原子炉スクラム機能 <ul style="list-style-type: none"> ・CRDマグネット電源断機能 2)崩壊熱除去、重要な発電所変数の監視 <ul style="list-style-type: none"> ・炉心冷却に必要な操作 ・崩壊熱輸送、輸送路確保 ・冷却材確保 ・崩壊熱除去運転中の異常状態確認 <p>又、中央制御室外原子炉停止盤を設置する場所、及び同盤には、無用な接近、或いは使用の防止の観点から施設管理が必要である。</p> <p>中央制御室外原子炉停止盤に設置する操作器は簡単な操作器具とする必要がある。</p> <p>中央制御室外原子炉停止盤設置場所は、そこに待避する要因によって同時に影響を受けることのない場所を適切に配置する必要がある。</p> <p>中央制御室外原子炉停止盤には、中央制御盤での操作に優先して操作場所を切り替える切替SWを設置する必要がある。</p> <p>基本的にはPIEにより制御室が不能になることは極めて稀である。</p> <p>中央制御室外原子炉停止盤使用時に、その要因に引き続き異なる事故を重ね合わせる必要はない。</p>

5.2 「常陽」炉心冷却機能の観点に基づく必要機能

ここでは、「常陽」炉心冷却機能を中心に中央制御室外原子炉停止盤に必要と考えられる機能について、具体的に必要となる監視・操作機器について検討した。

炉心冷却機能については、4章で整理したとおりであり、ここでは、炉心冷却に係わる主冷却系、補助冷却系の中央制御盤に設置されている具体的な操作・監視機器を抽出、その上で炉心冷却機能の観点から必要となる操作・監視機器を整理した。

尚、監視・操作機器は、必要最小限に絞り込む必要があり、以下の観点から検討した。

- ①炉心冷却の操作に必要なもの
- ②炉心冷却状態の把握に必要なもの
- ③冷却材の確保（熱輸送の確保）
- ④炉心冷却中の異常状態の確認

(1)1 次冷却系

1次冷却系は、原子炉からの熱を中間熱交換器を介して2次冷却系に伝達するのがその役目であり、基本的には1次主循環ポンプによる強制循環機能が主たる機能である。

特に、1次主循環ポンプトリップによる原子炉スクラム時には、ポンプトリップ後、引き続きポニーモータによる低流量運転に引き継がれ、原子炉からの崩壊熱を2次系に伝達する必要がある。

従って、この観点から必要となる機器は、ポニーモータである。

1次冷却系では、上記ポニーモータ運転時に熱伝達路、即ち、流路を阻害するような要因は、主流路には弁が設置されていないことから存在しないと考えてよい。

しかしながら、ポニーモータは単独では起動不可能なことから、操作スイッチの設置は無意味であり、少なくともポニーモータが動作しているか否かを確認可能な回転数指示計があれば十分と考える。

尚、潤滑油ポンプについては、予備機を持っていることから、1台停止時のバックアップ操作の観点から、潤滑油ポンプCS、並びに潤滑油ポンプ予備機選択COSが必要といえる。

一方、炉心冷却状態の監視という観点では、表4に整理したとおり、原子炉入口

出口Na温度記録計があげられるが、それ以外の監視項目は不要といえる。

以上より、1次冷却系に関しては、以下の操作・監視機器で十分といえる。

- 1) ポニーモータ関係の操作・監視機器
 - ・1次主循環ポンプ回転数 指示計
 - ・潤滑油ポンプCS
 - ・潤滑油ポンプ予備機選択COS
- 2) 炉心除熱状態把握関係の操作・監視機器
 - ・原子炉入口出口Na温度記録計

(2) 2次冷却系

2次冷却系は、上記1次系からの熱を中間熱交換器を介して伝達され、最終ヒートシンクとしての主冷却器により除熱される。

2次冷却系の循環ポンプは原子炉スクラム時には定格運転のまま、或いは自身がトリップした場合には自然循環となる。

崩壊熱除去は、強制循環、又は自然循環にて主冷却器に熱伝達し、主冷却器入口ダンパ及び主送風機入口ペーンの開度制御により主冷却器通風量を制御し、原子炉出口Na温度を制御する運用である。

この時、主送風機は手動停止、又は電源喪失による自動停止、主冷却器出口ダンパは全開のままとなる。

従って、熱伝達という観点から必要となる機器としては何もなく、除熱機能の観点からのみ操作・監視機器を検討すれば良い。

但し、原子炉停止時に動作状態が変わるものについては、万一の手動バックアップの観点から摘出しておく必要がある。

上記観点から表4を参照して、必要な監視・操作機器を整理すると、

- 1) 主送風機関係の操作・監視機器
 - ・主送風機CS……………原子炉停止時、手動又は自動停止
 - ・主送風機「単独／連動」切替COS
- 2) 主冷却器関係の操作・監視機器
 - ・主冷却器出口Na温度調節計
(入口ダンパ／送風機入口ペーン開度制御用)

のみとなる。

(3) 1次補助冷却系

補助冷却系は、主冷却系のバックアップ的位置づけの系統である。

従って、1次冷却系の故障を想定した場合に原子炉崩壊熱除去機能を受けもつ系統となる。

1次補助冷却系は、電磁ポンプ停止、逆止弁バイパスオリフィスによる逆流運転を行っており、また、2次補助冷却系は通常運転時、電磁ポンプによる強制循環運転を行っている。

原子炉スクラム時、補助送風機は自動起動するが、過冷却防止の観点からこれを手動停止、送風機入口ベーン／補助冷却器入口ダンパによる開度制御によって通風量を制御、除熱する運用である。

尚、熱伝達路における阻害要因としては、補助系炉容器入口弁、出口弁、並びにサイフォンブレイク弁があるが、補助系炉容器入口弁、出口弁については、通常運転時から開状態で動作状態の変更はなく、しかも電動弁であり、万一の電源喪失時にもその状態は変化しない。

一方、サイフォンブレイク弁については、冷却材喪失時に運用する弁であり、中央制御室外原子炉停止盤を検討する上で、冷却材喪失事象を重ねあわせないとすれば不要である。

以上の検討から、以下の操作・監視機器が必要といえる。

1) 電磁ポンプ関係の操作・監視機器

- ・1次補助EMP CS
- ・1次補助EMP・IVR CS
- ・1次補助EMP冷却ダンパCS
- ・1次補助冷却系流量記録計

尚、冷却ダンパ開度指示計、EMP出口圧力指示計、EMP電圧計に関しては、冷却ダンパ、電磁ポンプの動作状態の把握に必要な補助監視計器であり、これらは操作スイッチの状態表示灯で代用できることから特に摘出してない。

(4) 2次補助冷却系

2次補助冷却系についても1次補助冷却系と同様の観点で整理すると、以下が必要になるものとする。

- 1) 電磁ポンプ関係の操作・監視機器
 - ・ 2次補助EMP CS
 - ・ 2次補助EMP・IVR CS
 - ・ 2次補助EMP冷却ファンCS
 - ・ 2次補助冷却系流量指示計
- 2) 補助冷却器関係の操作・監視機器
 - ・ 補助送風機CS
 - ・ 補助冷却器入口ダンパ開度設定器
 - ・ 補助冷却器出口Na温度調節計
 - ・ 補助冷却器入口Na温度記録計

以上を整理して、表 5.2-1 に、「常陽」に中央制御室外原子炉停止盤を設置とした場合の炉心冷却の観点から抽出した監視・操作機器をまとめた。

表 5. 2-1 (1/2) 中央制御室外原子炉停止盤に必要な監視・操作機器

系統	操作・監視機器	要否	備 考
1 次冷却系関連	1次主循環ポンプ CS	×	自動停止。崩壊熱除去に不要。
	1次主循環ポンプポニーモータ CS	×	熱輸送、輸送路の確保の為、必要だが、単独で起動できないので、不要。
	潤滑油ポンプ CS	○	ポニーモータ運転上、必要。
	潤滑油ポンプ予備機選択 COS	○	上記により必要。
	主循環Na流量 制御器	×	1次主循環ポンプ自動停止により不要。
	1次主循環ポンプ出口圧力 指示計	×	下記指示計にてポニーモータの回転を確認可。
	1次主循環ポンプ回転数 指示計	○	ポニーモータ起動中を確認。
	炉容器Na液位 記録計	×	崩壊熱除去に不要。
	原子炉入口出口Na温度 記録計	○	崩壊熱除去運転上必要なパラメータ監視。
	オーバフローコラムNa液位 指示計	×	崩壊熱除去に不要。
	主循環ポンプNa液位 指示計	×	1次主循環ポンプ自動停止により不要。
	炉容器カバーガス圧力 記録計	×	崩壊熱除去に不要。
	オーバフロータンクNa温度 記録計	×	崩壊熱除去に不要。
	オーバフロータンクNa液位 記録計	×	崩壊熱除去に不要。
2 次冷却系関連	サイフォンブレイク流量 指示計	×	Na漏洩時にのみ必要につき不要。
	2次主循環ポンプ油ポンプ CS	×	2次主循環ポンプ自動停止につき不要。
	2次主循環ポンプ抵抗ファン CS	×	同上。
	2次主循環ポンプ速度制御装置 CS	×	同上。
	2次主循環ポンプ操作切替 COS (現場/中央)	×	同上。
	2次主循環ポンプ CS	×	自動停止。崩壊熱除去上、不要。
	2次主循環ポンプNa軸受温度 指示計	×	2次主循環ポンプ自動停止につき不要。
	2次主循環ポンプ回転数 指示計	×	同上。
	主送風機「単独/連動」切替 COS	○	下記により必要。
	主送風機 CS	○	崩壊熱除去。
	主冷却器入口ダンパ CS	×	通常運転時より全開。
	主冷却器出口ダンパ開度 指示計	○	崩壊熱除去運転の確認。
主冷却器出口Na温度 調節計	○	崩壊熱除去。但し自動制御系につき、ポンプが独立のM/Aステーションを設置。	

表5. 2-1 (2/2) 中央制御室外原子炉停止盤に必要な監視・操作機器

系統	操作・監視機器	要否	備 考
1次補助冷却系関連	1次補助EMP冷却ダンパ CS	○	下記により必要。
	1次補助EMP CS	○	崩壊熱輸送、輸送路確保につき必要。
	1次補助EMP・IVR CS	○	上記により必要。
	補助系炉容器入口弁 CS	×	電動弁。通常、開につき不要。
	補助系炉容器出口弁 CS	×	電動弁。通常、開につき不要。
	1次補助EMP冷却ダンパ開度 指示計	×	操作スイッチ状態表示灯で代替可。
	1次補助EMP出口圧力 指示計	×	操作スイッチ状態表示灯で代替可。
	1次補助EMP電圧 指示計	×	操作スイッチ状態表示灯で代替可。
2次補助冷却系関連	1次補助冷却系流量 記録計	○	崩壊熱除去運転上必要な監視パラメータ。
	2次補助EMP CS	○	崩壊熱輸送、輸送路確保につき必要。
	2次補助EMP冷却ファン CS	○	上記により必要。
	2次補助EMP・IVR CS	○	上記により必要。
	2次補助冷却系流量 指示計	○	崩壊熱除去運転上必要な監視パラメータ。
	補助送風機 CS	○	崩壊熱除去。
	補助冷却器出口ダンパ CS	○	崩壊熱除去。
	補助冷却器入口ダンパ 開度設定器	○	崩壊熱除去。
	補助冷却器出口Na温度 調節計	○	崩壊熱除去。
	補助冷却器出口ダンパ開度 指示計	○	手動操作を前提とすると開度制御上、必要。
	補助冷却器入口Na温度 記録計	○	崩壊熱除去運転上必要な監視パラメータ。
	ホットレグ止め弁 CS	×	電動弁。通常時より全開。
	コールドレグ止め弁 CS	×	同上。
膨張タンクNa液位指示計	×		

5.3 先行プラントの設計例に基づく「常陽」としての必要機能

これまで、5.1 及び 5.2 にて、国内外規格・基準類に基づく必要機能の調査・検討、並びに「常陽」炉心冷却機能の観点からの必要機能の検討を実施してきたが、これらのみでは、具体的設計条件が不明確な部分もあることから、3章で調査した先行プラントでの設計条件に鑑み、「常陽」として必要な機能について更に検討した。

表 5. 3-1 に、規格・基準類に明記されておらず、先行プラントにて考慮されている特筆すべき事項について整理した。

特に FBR 原型炉の例は、FBR の事例であり、更に PWR/BWR 双方の考え方が入っているものであり、「常陽」で設計するとした場合に非常に参考となるものである。

表5. 3-1 (1/3) 先行炉にて考慮している特筆すべき事項

No	先行炉での特筆すべき事項	プラント種類	「常陽」での考慮の必要性
1	<p>中央制御室外でのスクラム機能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発電プラントでは、タービン現場トリップ (BWR) ・原子炉トリップしゃ断器現場手動開 (原型炉) 	<p>BWR/PWR /FBR原型炉</p>	<p>BWRの場合、基本的には原子炉スクラムは中央制御盤で実施してから待避、PWR/原型炉にあっては、何もせずに待避後、現場にてスクラムさせる運用である。</p> <p>中央制御室には、四六時中運転員が配置されており、異常事象発生状況は中央制御室にて把握できるので、この意味から可及的速やかに待避せざるを得ない状況にはなりにくいものとする。</p> <p>従って、中央制御室にて予め原子炉スクラムしてからの待避で十分と考える。</p> <p>尚、スクラムSWは中央制御盤に、原子炉トリップしゃ断器については、中央制御盤裏盤に設置されている。</p> <p>但し、「常陽」の場合、バックアップ的なものがない為、CRDマグネット電源を断とする機能は中央制御室外に設置しておいた方がベターである。</p>
2	<ul style="list-style-type: none"> ・中央制御盤の機能健全性の仮定 	<p>BWR/PWR /FBR原型炉</p>	<p>BWRの場合、中央制御室外原子炉停止盤に切り替えるまでは、中央制御盤は健全性を維持するものと仮定している。</p> <p>言い返せば、切替え以降の中央制御盤は機能喪失するという仮定に立脚している。</p> <p>一方、PWR/原型炉にあっては、待避せざるを得ない状況下にあっても中央制御盤は健全であるものとしている。</p> <p>「常陽」で検討する場合には、上記の内より保守側の評価となる方を選択した方が望ましく、従って、第1ステップとしては、待避後、中央制御室外原子炉停止盤に切替え以降は、中央制御盤の機能は喪失しているものと考えたほうがベターと考える。</p>

表5. 3-1 (2/3) 先行炉にて考慮している特筆すべき事項

No	先行炉での特筆すべき事項	プラント種類	「常陽」での考慮の必要性
3	・耐震クラス	BWR/PWR /FBR原型炉	基本的に崩壊熱除去に関する機能をもつので、耐震クラスASとすべき。
4	・発電所内/外の必要な個所との通信手段	BWR/PWR /FBR原型炉	特に規定はないが、緊急の事態での使用につき、当然考慮すべきと考える。
5	・設置場所の非常用電源による照明設備	BWR/PWR /FBR原型炉	特に規定はないが、緊急の事態での使用につき、当然考慮すべきと考える。 但し、設置場所によっては、必ずしも電源種別は非常用電源である必要はないと考える。
6	・自動制御ロジック	BWR/PWR /FBR原型炉 WR	「常陽」の場合、空気冷却器による除熱制御機能が必要であり、現状は、中央制御盤上の調節計によっている。 従って、新たに中央制御室外原子炉停止盤を設計するにあたっては、現場に設置するか、或いは中央制御室外原子炉停止盤に設置するかの選択が必要である。 尚、基本は自動制御系であっても簡単な手動操作器の設置により除熱遂行できる必要がある。但し、基準では自動制御系については明確に言及していない。 参考までに原型炉においては、自動制御系は中央制御室に隣接したリレー室に設置されており、中央制御盤上は、M/Aステーションのみであり自動制御機能は置いていない。 又、中央制御室外原子炉停止盤には手動操作器をおいている。 尚、原型炉/PWRとも、全ての自動制御装置は支障なく機能することを前提に置いている。

表5. 3-1 (3/3) 先行炉にて考慮している特筆すべき事項

No	先行炉での特筆すべき事項	プラント種類	「常陽」での考慮の必要性
7	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉トリップ時に作動する機器の作動渋滞発生を考慮したバックアップ操作 	FBR原型炉	<p>万一、作動渋滞が発生した場合、速やかなバックアップ操作によって作動失敗を防止できるものについては、操作器を設置しているが、「常陽」においては、ほとんどその必要性のあるものはないと考える。</p>

5.4 中央制御室外原子炉停止盤の操作・監視機器の検討

これまでに検討してきた結果に加え、「常陽」の設計上の特質に関する検討を加えて、「常陽」に中央制御室外原子炉停止盤を設置する場合に必要と考えられる操作・監視機器について整理した。

(1) 「常陽」の設計上の特質

1) 中央制御盤上「現場／中央」切替SW

「常陽」では、中央制御盤上に設置している操作SWに関しては、「現場／中央」切替スイッチを設けているものがあり、この場合、現場での操作を行う場合には、中央制御盤にて「現場／中央」切替スイッチを「中央」位置から「現場」位置に捻回する必要がある。

従って、中央制御室外原子炉停止盤上に必要と考えられる操作スイッチについては、「現場／中央」切替スイッチの有無を確認した上で、このスイッチをどこに配置すべきか検討する必要がある。

中央制御室外原子炉停止盤には、「中央制御室外原子炉停止盤／中央制御盤」の切替スイッチを設置し、中央制御盤に優先した操作が可能となるようにすべきである。

従って、この切替スイッチの接点によって、各負荷「現場／中央」切替をおこなう様にすることも考えられる。

又、新たに中央制御室外原子炉停止盤に同様の一括切替スイッチを設け、中央制御盤に優先して切り替える手段もある。

いずれにしても、この場合、中央制御盤上のスイッチはCOSにつき、中央制御盤側との捻回位置と不整合となってしまう問題がある。

従って、中央制御室外原子炉停止盤か中央制御盤のいずれか一方に設置すべきではあるが、仮に中央制御室外原子炉停止盤に設置したとすると、各系統・負荷のメンテナンス時を念頭に置くと、一々、施錠された中央制御室外原子炉停止盤まで行って、切替えを行う必要があり、これも問題である。

以上より、折衷案として、中央制御盤上の「現場／中央」切替スイッチはそのまま中央制御盤上に設置し、中央制御室外原子炉停止盤に切り替え

た際、中央制御室外原子炉停止盤上の操作スイッチ設置対象については、その切替スイッチの接点にて、強制的に現場モードとなる様に回路変更することとする。

尚、中央制御盤上切替スイッチの捻回位置の不整合はあるが、中央制御室外原子炉停止盤に切り替えた際には、中央制御盤上に警報表示するので、間違いはない。

2) 中央制御室外での原子炉スクラム機能

「常陽」では、原子炉スクラムスイッチは勿論、中央制御盤上に設置されており、本検討の中では基本的に中央制御室から待避せざるを得ない状況になった場合には、先ず、中央制御盤上の原子炉スクラムスイッチの操作によって、スクラムさせてから待避するべきと結論した。

しかしながら、軽水炉では、バックアップ機能として、タービン本体でのトリップ操作を考慮しているが、「常陽」の場合、これに代わるものがなく、CRDマグネット電源を断することで、代替できると考えるが、この電源盤も中央制御室に設置されている。

従って、中央制御室外原子炉停止盤にCRDマグネット電源を一括して断とできる操作スイッチ、即ち原子炉スクラムスイッチと同等のものの設置が必要と考える。

3) 中央制御盤上の調節計

「常陽」の主冷却器及び補助冷却器の温度制御用調節計は、中央制御盤上に設置されている。

中央制御室外原子炉停止盤では、先行プラントの例からすると、自動制御のバックアップ的位置づけとして、簡単な手動操作器の設置が原則である。

中央制御室からの待避事象にどのような前提条件をつけるかという問題に帰着するが、今回の検討では、東海での火災・爆発事故に鑑みたものであり、基本的には中央制御盤の機能は喪失するものと考えた方が保守的である。

従って、中央制御盤上の調節計については、期待できないとすれば、どこか別の場所に設置せざるを得ない。

中央制御室外原子炉停止盤にはそのような自動制御系を設置してはいけない旨、明確に記載してある規格・基準類は調査結果からは見当たらない。

従って、ここでは、中央制御室外原子炉停止盤上、或いは別の制御盤に設置するものとして、中央制御盤には、単なるM/Aステーションを設置する方向で検討すべきと考える。

4) DG母線切替え

DG手動起動後は、DG受電しゃ断器を操作して母線切替えを行う必要があるが、現場操作となるため、万一、現場へのアクセスが不可能な場合を想定すれば、本操作に関する操作器は中央制御室外原子炉停止盤に設置しておく必要がある。

以上の検討結果から、表 5.4-1 に必要と考えられる監視・操作機器を整理した。これを第1ステップとして、今後、詳細な検討を進める必要がある。

表5. 4-1 (1/2) 中央制御室外原子炉停止盤に必要な監視・操作機器

系統	操作・監視機器	個数	備 考
1次主冷却系	1次主循環ポンプポニーモータ回転数指示計	2	熱輸送、輸送路確保の確認の為、必要。
	潤滑油ポンプ CS	4	ポニーモータ運転上、必要。
	潤滑油ポンプ予備機選択 COS	2	上記により必要。
	原子炉入口出口Na温度記録計	1	崩壊熱除去運転上必要なパラメータ監視。
2次主冷却系	主送風機「単独/連動」切替 COS	2	下記により必要。
	主送風機 CS	4	崩壊熱除去。
	主冷却器出口Na温度調節計	4	崩壊熱除去。但し、自動制御装置につき本盤に設置する部分は、M/Aステーション(MV操作上必要)、及びコントローラ部とし、その場合、温度指示計付きとする。
	主冷却器出口ダンパ開度指示計	8	崩壊熱除去運転上必要な監視パラメータ。
	主送風機入口ベーン開度指示計	2	同上。(切替操作で各ベーン開度確認)
	主送風機入口ベーン開度指示切替 COS	2	上記指示切替用。
1次補助冷却系	1次補助EMP冷却ダンパ CS	1	下記により必要。
	1次補助EMP CS	1	崩壊熱輸送、輸送路確保につき必要。
	1次補助EMP・IVR CS	1	上記により必要。
	1次補助冷却系流量記録計	1	崩壊熱除去運転上必要な監視パラメータ。
2次補助冷却系関連	2次補助EMP CS	1	崩壊熱輸送、輸送路確保につき必要。
	2次補助EMP冷却ファン CS	2	上記により必要。
	2次補助EMP・IVR CS	1	上記により必要。
	2次補助冷却系流量指示計	1	崩壊熱除去運転上必要な監視パラメータ。
	補助送風機 CS	1	崩壊熱除去。
	補助冷却器出口ダンパ CS	1	崩壊熱除去。
	補助冷却器入口ダンパ開度設定器	1	崩壊熱除去。
	補助冷却器出口Na温度調節計	1	崩壊熱除去。
	補助冷却器出口ダンパ開度指示計	1	操作SWで代替可能とも考えられるが、手動操作を前提とすると開度制御上、必要。
	補助冷却器入口Na温度記録計	1	崩壊熱除去運転上必要な監視パラメータ。

表5. 4-1 (2/2) 中央制御室外原子炉停止盤に必要な監視・操作機器

系統	操作・監視機器	個数	備 考
全 般	「中制室外原子炉停止盤／中央制御盤」操作場所切替COS (キー付き)	1	中央制御盤操作に優先させる為、必要。 又、中央制御盤上の「現場／中央」操作場所切替SWの機能確保の為、必要。
	スクラムスイッチ (カバー付き) (CRDマグネット電源断機能)	1	中央制御室外原子炉停止盤でのスクラム機能確保。 中央制御室にのみ、その機能があるため。 ロジック盤A、Bに出力の為、A系/B系用接点出力できる分離スイッチとする。
	DG起動スイッチ	2	非常用電源確保の観点から必要。 現場ではできないという前提。 A、Bの2個とする。
	母線切替えスイッチ	2	非常用電源確保の観点から必要。 現場ではできないという前提。 A、Bの2個とする。

注)

- ① 中央制御室外原子炉停止盤には施錠できること
- ② 中央制御室外原子炉停止盤には、通信設備を設ける
- ③ 中央制御室外原子炉停止盤設置場所には非常用電源による照明設備を設置すること
- ④ 中央制御室外原子炉停止盤の耐震クラスはA_Sとし、必要な分離は、他の安全系と同様とする

5.5 中央制御室外原子炉停止盤の盤面イメージ

これまでの検討結果に基づき、盤面イメージについて、立案した。

又、概略寸法についても検討した。

図 5. 5. -1 に検討結果を示した。

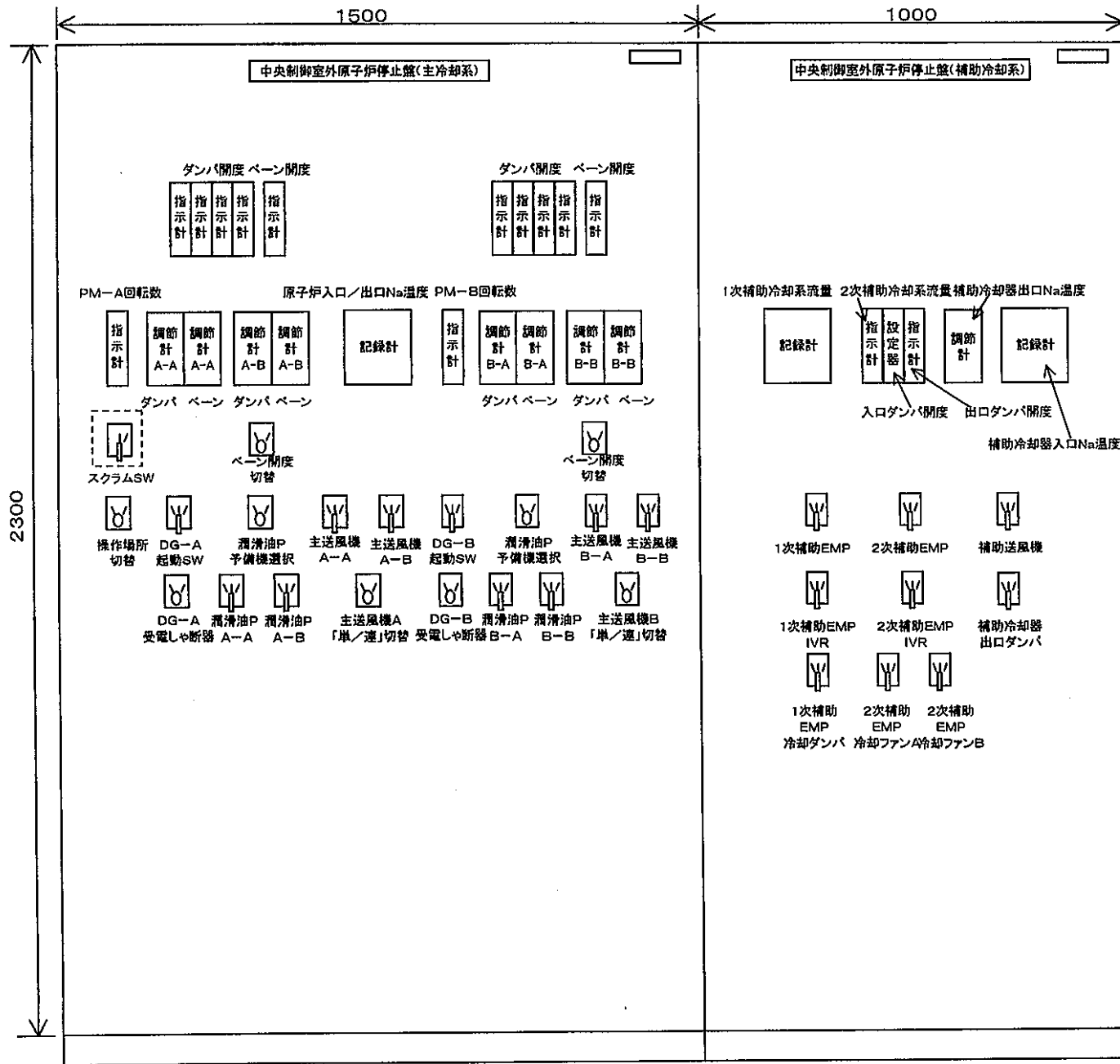


図5. 5-1 「常陽」中央制御室外原子炉停止盤盤面イメージ

5.6 中央制御室外原子炉停止盤の設置場所の検討

これまでの検討結果から、東海での火災・爆発事故を念頭において中央制御室外原子炉停止盤を設置するのであれば、その影響程度が漠然としていることから、原子炉建物／原子炉付属建物／主冷却機建物などの現状の建物内に積極的に設置する案はないといえる。

これはあくまでも、想定事象の規模、それによる影響評価、設置上の前提条件によって決まる性質のものであり、本検討の中では一概には論じられない。

従って、ここでは、保守的に既設建物以外の場所に新設する前提とした。

具体的には、以下の観点から、原子炉付属建屋北側の中央制御室の裏側が望ましいと考える。

即ち、

- ①ディーゼル発電機／ボイラー燃料タンクの設置されている主冷却機建物から離れていること
- ②中央制御室の控え室奥に外に出られる扉があり、アクセス性が非常に良いこと
- ③運転管理棟、放射線管理室からも目立たないこと

などがあげられる。

図5.6-1に「常陽」中央制御室外原子炉停止盤の設置場所の候補地点を示した。

5.6.1 中央制御室外原子炉停止盤設置場所追加の際の考慮

(1) 制御電源の独立化

中央制御室外原子炉停止盤の設置場所として、上記の様に新たに中央制御室裏側の部分に配置するとした場合、中央制御室からのアクセス性を考慮して2階建てとし、その2階部分に中央制御室外原子炉停止盤の部屋を設置するのが望ましい。

これにより、1階部分は、空きスペースとなるが、制御電源設備の独立化を施して、中央制御室外原子炉停止盤の使用時には、専用の制御電源から供給できる様、考慮しておいた方が望ましいと考える。

従って、この1階部分には、専用のバッテリー、直流電源設備、並びに交流

無停電電源を施設することを計画・検討するものとする。

(2) 中央制御室外原子炉停止盤設置部屋での中央制御室／その他モニター強化

中央制御室外原子炉停止盤に待避し、原子炉停止・崩壊熱除去運転操作を実施している時点、或いは低温停止後も、中央制御室への再立ち入りが可能か否かについて判断する必要が生じてくるものと考え、その場合、中央制御室の状況がどうなっているのかを確認する為には、中央制御室内状況モニターが不可欠である。

例えば、火災の有無、有毒ガスの有無、煙の有無等、人間が立ち入る上での安全性を確認できるモニターが必要と考える。

又、中央制御室内の状況確認の為に I T V システムなども必要になるものとする。

更に、プラントの状況把握として、原型炉「もんじゅ」の Na 漏えい事故に鑑みて設置された、Na 漏えい監視支援システム、火災検知・監視システム、現場 I T V システムなどのモニター類の設置も検討の余地がある。

これらについては、基本的に中央制御室とダブルでシステムを持つということではなく、モニター機能のみを中央制御室外原子炉停止盤設置部屋に置くということでも万一の場合には少なからず効力を発揮するものとする。

従って、実際に中央制御室外原子炉停止盤専用の建物を建設する場合には、プラントの低温停止機能のみならず、モニター強化策についても検討を進めておいた方が望ましい。

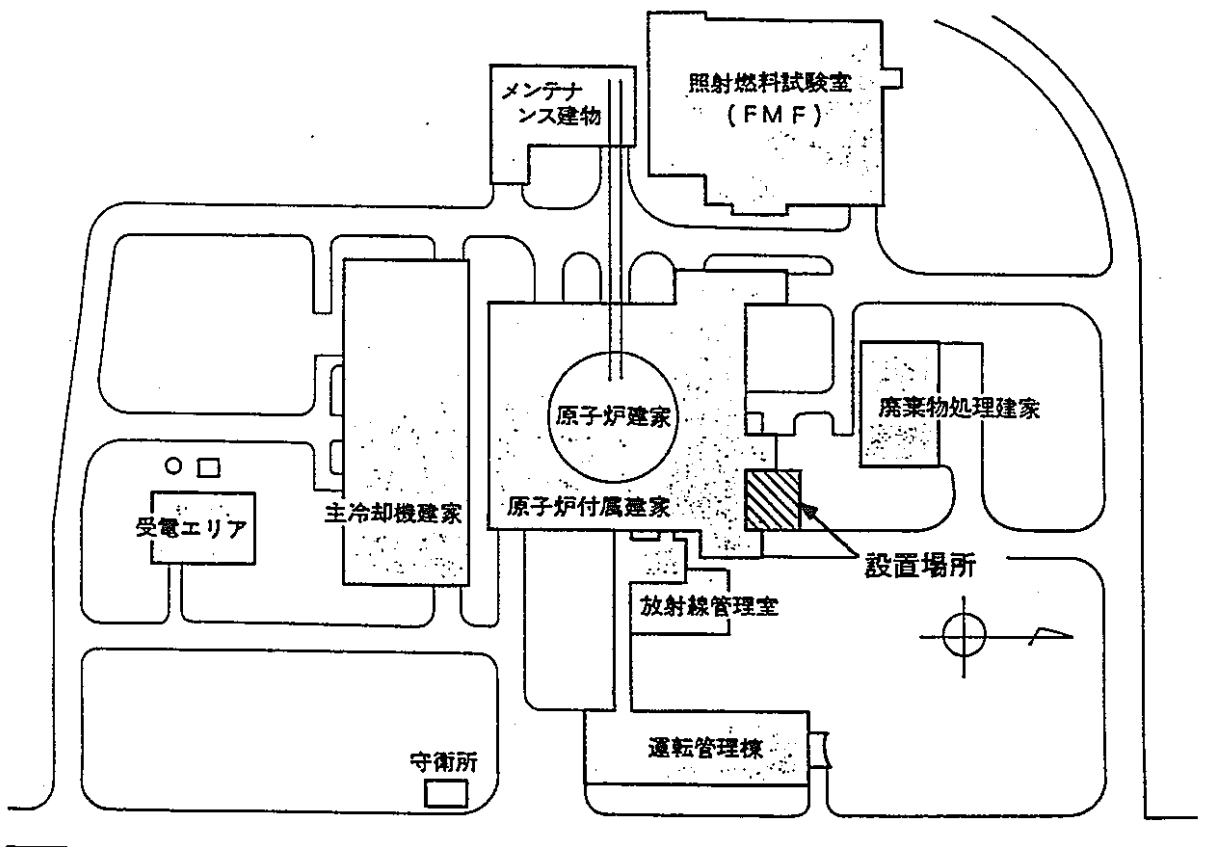


図 5. 6 - 1 中央制御室外原子炉停止盤の設置場所候補

6. ま と め

1997年3月に発生した動燃東海事業所でのアスファルト固化処理施設における爆発事故を受けて、「常陽」においても火災・爆発事故を始めとする事故時に中央制御室から運転員が待避せざるを得ない事態が発生した場合の制御室外からの原子炉停止手段の必要性の有無、並びにその有無に係わらず、中央制御室外原子炉停止盤を設置する場合についての検討を行った。

検討は、先ず中央制御室外原子炉盤に関する規格・基準類の調査から始め、国内外での規格・基準類の調査を実施した。

又、これを受けて実際に中央制御室外原子炉停止盤を設置している、先行軽水炉（PWR/BWR）、並びに原型炉「もんじゅ」の例についてその仕様を調査するとともに、それらの仕様が、調査した規格・基準類のどの項目に従って設けられているのかについて、調査した。

その上で「常陽」の炉心冷却機能の調査を実施し、「常陽」として中央制御室外原子炉停止盤が必要か否かについて検討した。

結論としては、「常陽」の場合、自然循環による崩壊熱除去の技術的成立性が総合機能試験での自然循環試験にて確認されており、その意味では特に中央制御室外原子炉停止盤を設置しなくとも、原子炉停止操作さえ行えば問題ないことを確認した。

一方、その必要性の有無に係わらず、「常陽」に中央制御室外原子炉停止盤を設置するとした場合の検討についても併せて実施した。

検討は、規格・基準類に基づく必要機能の調査・整理、炉心冷却機能を始めとする「常陽」の運転上の特質を考慮した必要機能の検討を行い、更に先行プラントでの実施例を参考とした必要機能の洗い出しを整理した上で、中央制御室外原子炉停止盤に必要な監視・操作機器を抽出した。

これに基づき、中央制御室外原子炉停止盤の盤面イメージを立案、更に中央制御室外原子炉停止盤の設置場所として、アクセス性の観点、万一の火災・爆発時の影響の観点などから、中央制御室裏のスペースを候補として選定した。

尚、中央制御室外原子炉停止盤の設置建物は2階建てとし、中央制御室からのアクセス性の容易さを考慮して2階部分に中央制御室外原子炉停止盤を設置することとし、1階部分には電源の独立化の観点から専用の直流電源設備、並びに交流無停

電電源設備を施設するものとした。

又、中央制御室外原子炉停止盤設置部屋には、中央制御室の環境を始めとする再立ち入りの為のモニター機能を強化するものとし、それらの監視システムの設置、或いはプラント全体の状況把握機能として、例えば、原型炉「もんじゅ」でのNa漏えい事故に鑑みて新たに設置されたNa漏えい監視支援システム、火災検知・監視システム、現場ＩＴＶシステムのモニター機能を設置することを検討した。

今後は、本報告書検討結果をベースに更に詳細化検討を積み重ねた上で、中央制御室外原子炉停止盤の施設計画に反映されるものと期待する。