

土木研究所資料

ダム用ゲート操作環境のマンマシン 設計手法に関する調査

平成10年3月

建設省土木研究所
材料施工部機械研究室

Copyright © (1998) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

ダム用ゲート操作環境のマンマシン 設計手法に関する調査

機械研究室	室	長	吉田	正
	主任研究員		石松	豊*
	研究員		吉永	弘志**
	研究員		三村	茂男
			小林	誠

要 旨

ダム用ゲートのより安全・安定的な運用に資するため、ダム用ゲート操作制御設備の設計のあり方について、マンマシンインターフェースの適合性向上及び緊急時における適切な監視・操作の実施の観点から検討を行った。本報告書は、これらの検討に基づき、マンマシンインターフェース設計上の技術的な留意事項を体系的にとりまとめたものである。

キーワード：ゲート操作設備，マンマシンインターフェース設計，人間工学，室内環境，
盤面構成，警報表示

* 現 近畿地方建設局道路部機械課長

**現 中部地方建設局富士砂防工事事務所建設監督官

ま え が き

ダム用ゲートのより安全・安定的な運用を図るためには、操作員を含めたシステム全体としての信頼性向上を図ることが必要である。

現状のダム用ゲートの運用においては、人間の特性と設備等間に多少の不整合があっても、作業に時間的な余裕があり、また、慣れによって対応できるものであるため、問題は起こっていない。

しかしながら、より確実に安全なタスク遂行が要求される緊急時に配慮した設計が望まれる。近年は、ダム管理所職員も比較的短期間で異動する傾向にあり、設備に対する熟練度の低下の可能性も挙げられる。

緊急時、即ち時間的・精神的余裕がないときに、少ない人手で間違いなく効率的に業務が遂行でき、また、他の支所から応援にきた慣れていない職員にも容易に状況が把握でき円滑に操作ができるようなタスク設計、訓練、操作室レイアウト、インタフェース設計が望まれる。

本報告書は、ダム用ゲート操作制御設備の設計のあり方について、マンマシンインタフェースの適合性向上、及び緊急時における適切な操作監視の実施の観点から平成6年度～平成9年度に検討を行った結果をとりまとめたものである。

ダム用ゲート操作環境のマンマシン設計手法に関する調査 目 次

まえがき

1. 調査目的	1
2. 調査方法	2
3. 実施内容	3
3.1 他設備でのマンマシンシステム設計手法の技術調査	3
3.1.1 マンマシンシステム設計指針	3
3.2 洪水調節時における運転員のタスク分析	13
3.2.1 データ収集	14
3.2.2 タスク分析	20
3.2.3 分析結果（問題点・留意事項の抽出）	34
3.2.4 調査結果のまとめ	57
3.3 緊急時・異常時の操作環境を考慮したマンマシンインターフェース設計 についての検討	59
3.3.1 マンマシンインターフェース設計手法に関する文献調査	59
3.3.2 緊急時または異常事態の想定	64
3.3.3 タスク分析	68
3.3.4 マンマシンインターフェース設計上の留意事項のまとめ	78
3.4 ガイドライン（原案）の検討	83
3.4.1 ガイドライン（原案）作成にあたっての検討の流れ	83
3.4.2 ガイドライン（原案）の枠組みの設定	84
3.4.3 一般的項目の抽出及び枠組みへのあてはめ	93
3.4.4 ガイドライン項目の整理	94
3.5 マンマシン設計手法に基づくダム操作設備の試設計	95
3.5.1 制御設備の構成・配置の検討	95
3.5.2 操作・表示器具等の設定	98
3.5.3 操作・表示器具配列の試設計	102
3.5.4 試設計案の妥当性・実現可能性の検討	113

4. 今後の課題	115
----------------	-----

あとがき	116
------------	-----

[添付資料]

- ・ダム用ゲート操作制御設備のマンマシンインタフェース設計ガイドライン（原案）

1 . 調 査 目 的

ダム用ゲートのより安全・安定的な運用を図るためには、ゲート設備を構成する機器の信頼性向上だけでなく、操作員を含めたシステム全体としての信頼性向上を図ることが必要である。本調査は、ダム用ゲート操作制御設備の設計のあり方について、マンマシンインタフェースの適合性向上、及び緊急時における適切な操作監視の実施の観点から検討を行い、ゲート操作設備の設計に反映することで、ダム用ゲートのより安全・安定的な運用に資することを目的とする。

2 . 調 査 方 法

(1) ダム用ゲート操作制御設備に関するマンマシン設計手法の検討

ダム管理所に対するヒアリング調査、タスク分析、資料収集を実施し、ゲート運用時の作業のし易さ、操作のし易さ等について操作制御設備の設計上の技術的な留意事項を抽出した。

さらに、原子力・化学プラント等の他産業におけるマンマシンインタフェース設計に関する文献調査を実施し、米国原子力分野における中央制御盤等のマンマシンインタフェース設計のガイドライン（NUREG 700）等を参考に、ダム用ゲート操作制御設備に対応したマンマシン設計チェックリスト及びガイドライン（原案）を作成した。

(2) ダム用ゲート操作における緊急時タスクの調査

ダム用ゲートの運転操作において、操作規則で想定していない緊急または異常事態でのダム管理所の対応を想定し、安全・安定的にタスクを遂行するための操作環境の設計手法について調査を実施した。

(3) ダム操作設備のマンマシンインタフェース設計手法の適用性検討

(1)及び(2)で得た知見に基づき、ダム操作設備のインタフェース構成方法の具体例の検討を通じて、同手法の適用性を検討した。

3. 実施内容

3. 1 他設備でのマンマシンシステム設計手法の技術調査

本節では、ダム用ゲート操作制御設備のマンマシンシステム設計手法の参考とするために、他産業、他設備において既に取り入れられているマンマシンシステムの設計指針および評価手法についての技術調査を行った。

3. 1. 1 マンマシンシステム設計指針

本項では、以下の4つの領域の設備および監視制御一般に対する関するマンマシンシステム設計の技術調査を行った。

- －原子力プラント
- －化学プラント
- －航空（コックピット）
- －鉄道（運転台）

具体的には、文献検索および該当領域の専門家へのヒアリングにより、マンマシンシステム設計指針を調査した。以下に調査結果として、各設備ごとに、

- ①概要（各領域におけるマンマシンシステム設計に対する姿勢および背景）
- ②事例（代表的な設計指針の概要）

を示す。

（1）原子力プラント

①概要

我が国の原子力発電所は、1966年に日本原子力発電（株）の東海発電所で発電が開始されて以来29年、1995年現在48基が運転されており、総発電電力量の30%を占めるに至っている。

原子力プラントの計測制御技術は、他のシステム同様に、その技術導入の当初から安全を重視し、実証された技術をベースにプラントを作るという考え方を基本として、新しい技術を適用することには慎重であった。しかし、世の中の技術の進歩に伴い信頼性、安全性、運転性の向上のために徐々にデジタル化、計算機化が進められてきた。

このような動向の中で、我が国の原子力プラントのマンマシンインタフェースも、人間工学的な検討、プラント運転経験の反映等を行いつつ改良が進められてきたが、1979年に発生した米国スリーマイル島原子力発電所2号機での事故を契機にその重要性が指摘され、人間工学的設計の加速、カラーCRTの導入による監視性の向上、認知工学的改良等の種々の改良改善がなされてきた。

米国においては、スリーマイル島原子力発電所2号機での事故調査結果から、マンマシンインタフェースの重要性が強く認識され、米国原子力規制委員会（NRC）は人間工学的な観点からの中央制御盤の設計およびレビューのための「標準レビュープラン 18章（NUREG-0800 Section 18 1981）」、「中央制御盤設計レビューガイドライン（NUREG-0700 1984）」といった指針を開発した。

その後、新しい原子炉の開発、および中央制御室、現場盤等に新しい計算機ベースのインタフェース技術が導入されてきたことに対応して、幾つかの研究がなされ、それに基づき上記の「中央制御盤設計レビューガイドライン」が改訂された (NUREG-0700 Rev.1 (Draft)1995)。

国際的に見れば、原子力発電所のマンマシンインタフェースに関する国際的な標準、指針には IEC 標準、IAEA 指針があり、それぞれ設計の基本的な考え方の設定、および問題点の抽出を行っている。

このような概況を踏まえ以下の章において、原子力発電所マンマシンインタフェース設計における指針と評価方法について、我が国における状況、国際的な状況、および米国における状況についてさらに詳細に述べる。

(a) 我が国および国際的な状況

我が国における原子力発電所のマンマシンインタフェース（中央制御盤）の設計は、欧米から導入された技術をベースにして始まった。その後、1979 年 3 月に発生した米国スリーマイル島原子力発電所 2 号機での事故を契機に、我が国においては、1980 年 6 月に原子力安全委員会より「我が国の安全確保対策に反映させるべき事項」について」が出され、中央制御盤等における人間工学的な検討の重要性が強調された。

このような状況に基づき、マンマシンインタフェース（中央制御盤）の人間工学的な検討が急速に進められることとなり、在来型監視機器に加えてカラー CRT が導入され情報の集約表示を行って監視性を向上させてきた。さらに、人間工学的・認知工学的改良を迫及することにより運転員のワークロードの低減を図るなど幅広くヒューマンファクター上の改良を図り、運転モードを考慮した盤の分割、CRT を主体とした運転を目指してきた。

しかし、我が国においては、マンマシンインタフェース設計に関して指針の形では纏まったものがまだなく、APWR、ABWR および次世代プラント向けのマンマシンインタフェースの開発・設計においても、欧米の指針・標準等を参考として電力・メーカで自主的に定めた方針で進められている。

国際的な状況を見れば、原子力発電所のマンマシンインタフェースの設計・評価に関する指針・標準には次のものがある：

- ・ IEC 標準 DESIGN FOR CONTROL ROOMS ON NUCLEAR POWER PLANT (IEC 964 1989)
- ・ IAEA 指針 GUIDELINES FOR CONTROL ROOM SYSTEMS DESIGN
(IAEA-IWG-NPPCI-92/3 1992) (策定中限定配付版)

IEC 標準

本標準は、本標準発行後に設計を開始する新しい制御室設計に適用することを前提としており既設の設計に適用する場合には、自動化レベル等の設計の考え方に対する特別な考慮が必要である。本標準の特徴は、その名のとおり原子力発電プラントの制御室の設計原則、機能解析・機能の割当を含めた機能設計の手順・方法、各機能設計の仕様の考え方、検証・有効性確認の基本について定めていることである。

その中には、人間と機械の役割分担の基本的な考え方、ヒューマンファクタに関する原則を適用する際の基本的な考え方が示されている。

IAEA 指針

本指針の特徴は、デジタル技術動向、人間と機械の役割分担、人間工学、人体測定学、認知工学の進歩を含めた中央制御システムの設計の考え方の推移、既存システムの主要な特徴、現在の技術、設計の原則と方法、今後の動向のまとめを踏まえて勧告を行なっていることである。勧告では、さらなる試験研究、運転員のフィードバック、電力ユーザの積極的参画、人間・機械の分担最適化の必要性が述べられている。

(b) 米国における状況

米国における原子力発電プラントのマンマシンインタフェースの設計指針および評価に関する状況を把握するためには、規制側のガイドラインの動向を把握することが適切な方法である。

米国における原子力発電所の許認可は、連邦法 (U.S. Code of Federal Regulations) に基づいて実施されるが、マンマシンインタフェース (中央制御盤設備) についても、許認可の段階で規制ガイドラインに適合することが要求され、いくつかのドキュメントにおいてその際の詳細な規制ガイドラインを定めている。マンマシンインタフェースに関連しては、新しい計算機ベースのインタフェース技術導入に対応したドキュメントが、種々の委託研究をベースに制定されている：

- ・ NUREG-0711 : Human Factors Engineering Program Review Model (1994)

(新しい原子炉のインタフェースに対するレビュー計画、初期分析、
Verification&Validation の方法の規制ガイダンスを定めたもの)

- ・ NUREG-0700 Rev.1(Draft):Guidelines for Control Room Design Reviews Rev.1 (1995)

(NUREG-0700 を、新しい計算機ベースのインタフェースの設計レビューに対応させるために、NUREG-0711 および各種委託研究に基づき改訂したもの (ドラフト)) 従って、従来型中央制御盤設計における人間工学的な面を含めて、認知工学的な対応も考慮した新しい計算機ベースのインタフェースの設計ガイドラインとして、上記「中央制御盤設計レビューガイドライン」
(NUREG-0700 Rev. 1 (Draft) 1995) を検討するのが適切である。

②事例

名称 : NUREG-0700 Rev. 1 (Draft): Guidelines for Control Room Design Reviews Rev.1

開発者 : 米国原子力規制委員会 (NRC)

開発年 : 1995

特徴 : 本ガイドラインは、従来からの人間工学的側面 (身体測定学的、生理学的側面) のみならず、人間の認知プロセスとの適合を重視する認知心理学的側面にも焦点を当て、集大成された新しい詳細な指針である。ガイドライン自体は、許認可における規制側のレビューガイドラインの位置付けであり、設計の指針としてはやや詳細に過ぎるが、我が国の原子力プラントの設計においても実状にあわせて活用できる。また、原子力発電プラント以外

の設備、システムにも設備の機能に合わせて選択して適用できる。

内 容：ガイドラインは次の2つの部分から構成されている。

Part 1：レビュー方法および手順

設計の各段階での下記項目に対しての規制側のレビュー方法及び手順を規定している：

- ・計画段階：申請者の設計レビュー計画
- ・準備解析段階：申請者の運転経験、機能及びタスク分析、インタフェースの概要・特性
- ・検証段階：申請者の運転員タスクへの有効性検証、ヒューマンファクタエンジニアリング設計検証（Part 2 ガイドラインによる）、総合システム検証での人間工学的不適合の抽出
- ・人間工学的不適合の解決段階：
申請者による抽出された人間工学的不適合への対応

Part 2：人間因子工学的レビューのためのガイドライン

ガイドラインは次の8章から構成されている：

- ・情報表示
CRT 表示・大型表示等の視覚表示へのガイドライン
- ・ユーザ・システム相互関係
運転員とインタフェースとの双方向的な関係へのガイドライン
- ・プロセス制御と入力装置
プロセス制御のための手段、器具、表示との統合へのガイドライン
- ・警報レビューガイドライン
警報システム設計へのガイドライン
- ・分析および意思決定支援
状態分析・意思決定支援システムへのガイドライン
- ・要員間コミュニケーション
運転員間のコミュニケーションへのガイドライン
- ・作業空間の設計
盤・パネルの設計、配置、環境設計へのガイドライン
- ・現地制御ステーション
現地制御ステーション設計へのガイドライン

(2) 化学プラント

①概要－MMI 設計に対する姿勢と背景

複雑な大規模システムの制御の安全性、信頼性の向上におけるヒューマンファクタの重要性が強く認識されるようになり、特に軍や航空、原子力分野などにおいて研究が進められた。80 年代に

はいり、化学や天然ガスなど産業プラントの分野においても、先行していた原子力や航空分野などの研究成果を踏まえて、独自のシステム特性、タスク特性を考慮した上でのプラント設計や運転に関するヒューマンファクタ研究がおこなわれ、成果がまとめられた。

②事例

名称 : Control Panel Design Guidelines and Checklist

開発者 : Battele Pacific Northwest Labolatories (Gas Research Institute からの委託)

開発年 : 1982

特徴 : 液化天然ガス (LNG) プラントの制御パネルを対象とした実践的なヒューマンファクタハンドブックという形で、信頼性および安全性向上のための指針 (設計原則) とチェックリストがまとめられている。この指針とチェックリストは LNG プラントの制御パネル設計のヒューマンファクタ評価や改良に利用されることを意図したもので、次の手順により開発された。

- ・ MILITARY STANDARD 1472B による人間工学的設計原則に基づき LNG プラントの特性を反映したチェックリストの作成および代表的プラントの制御パネルの評価
- ・ 評価結果に基づいて LNG プラントの制御パネルに対する推奨事項のまとめ (設計のガイドライン)
- ・ 評価に用いられたチェックリストの再構成

内容 :

指 針

MILITARY STANDARD 1472B に示されている人間工学的設計原則を基本とし、各項目の内容を LNG 設備の設計用に拡張してつぎの 7 区分についての設計原則が作成された。さらに、代表的なプラントを訪問、観察することによるチェックリストを用いた分析と写真による記録の分析という 2 つの方法を用いて制御パネル設計の評価を行い、その分析結果をもとにして指針が作成された。

1. 作業空間
2. ラベルとロケーションエイド
3. 制御機器
4. 表示機器
5. 警報
6. ガスおよび火炎検知器
7. 緊急停止システム

このうち、区分 1～5 の指針の内容を表 3. 1-2 に示す。各区分においては、設計項目 (対象機器の種類および要素)、あるいは目的 (達成すべき人間工学的要件) といった視点に基づき関連する指針が示されている。個々の指針の性格としては、実物に則した具体的な設計の基準は少なく、パネル設計において考慮すべきポイントを列挙したものがほ

とんどである。基本的な人間工学的原則を中心として、現場の観察から得られた LNG プラントの特色を反映した指針も盛り込まれている。

チェックリスト

設計指針の作成のために用いられた代表的プラントの評価のためのチェックリストが再構成されたものである。プラント全般の一般的事項を扱う部分と個々のサブシステムを扱う部分に分けられており、構成は設計指針と直接対応していない。

チェック項目は、コントロールパネルの設計が上述の人間工学的原則を満たしているかをチェックするように作成されており、一般事項は比較的指針の記述そのままであり、以降は各サブシステムに当てはめた形でより具体的な記述となっている。チェックポイント数は 270 項目以上に及んでいる。

(3) 航空機 (コックピット)

①概要

多くの航空機事故の原因が人間の行動にあることから、パイロットのワークロードを軽減し、ヒューマンエラーによる事故を防止するための技術的な方策として、操縦の自動化がすすめられた。一方で、航空の安全と効率化に大きな役割をはたすものとしてヒューマンファクタへの関心が高まってきた。ヒューマンファクタは、人間の生理学的側面のみならず認知的側面をも対象とし、表示器、操作機器、コックピット、キャビンの設計、クルー間のコミュニケーション、マニュアルなどのありかたにも関るものとしている。最近では機体の設計等のハード面ばかりでなく、教育訓練等のソフト面においても広く取り入れられている。

マンマシンインタフェースについては、航空界で広く知られる SHEL モデル (Software、Hardware、Environment、Liveware の 4 つの要素とそれらの関係を示す) において L-H のインタフェースという言葉で議論されている。ここでは、人体の座姿勢にフィットするシート設計、ユーザの知覚・処理特性にマッチする表示系の設計、最適な動き、コーディングおよび位置にあった操作系の設計などを扱っている。強制力をもつ設計指針として規定されているものはないが、ヒューマンエラー低減のための一つの側面として、標準化の重要性、自動化の導入なども含めたフライトデッキやキャビンの設計の考え方がまとめられている。

②事例

<事例 1>

名称 : ICAO CIRCULAR HUMAN FACTORS DIGEST No. 6 ERGONOMICS

開発者 : International Civil Aviation Organization (ICAO)

開発年 : 1992

特徴 : 上記の SHEL モデルを基本としたヒューマンファクタの観点から設計における基本的な原則、注意事項などが中心として考え方がまとめられたものである。具体的な指針やチェック項目ではない。

内容 : 全体構成は次のとおりである。

第1章 人間工学の基本事項

第2章 人間の能力

第3章 表示系、操作系およびフライトデッキの設計

第4章 環境

この中で「3章 表示系、操作系およびフライトデッキの設計」の章では、次の項目が扱われている。

－表示機器

－聴覚的な、注意および警報システム

－制御機器

図や写真、関連するヒューマンファクタが原因となった事故事例などもまじえた解説がなされている。また、「環境」の章では、クルーへのストレスとなりうるフライトデッキの環境的条件として、次の要因についての解説および留意事項などがまとめられている。

－騒音

－温度

－湿度

－圧力

－照明

－振動

<事例2>

名称 : Flight Deck and Handling Qualities Standards for Transport Aircraft

開発者 : SAE (Society of Automotive Engineers) Aerospace

開発年 : 1988

特徴 : この指針を作成した委員会は、経験豊かなパイロットや民間輸送機の設計・開発・運用に直接関わっている航空エンジニアを構成要員として 1949 年に設立された。この委員会では、航空の安全と効率化を実現するためのフライトデッキの設計指針となることを目的として、Aerospace Standard (AS) や Aerospace Recommended Practice (ARP) を作成し、技術的進歩や実践の経験に基づいて適宜補足、改訂するという活動が行なわれてきた。この指針はそれらの AS や ARP をひとつのマニュアルの形にまとめたものである。

(4) 鉄道

①概要

昭和の初期まで鉄道車両は基本的にアメリカの設計を踏襲して製作されてきた。この時代は、構造自体が現在に比べて単純であったこと、監視制御の対象もそれほど多くなかったこと、ごく少数の選ばれた訓練を積んだ人間だけがユーザであったこと等の理由により、人間が機械に適合するこ

とで輸送の安全を確保してきたといえる。やがて技術の進歩に伴い車両の構造が改良され、運転台に設置される機器の数が増加したこと、鉄道が普及し運転士の数が増えたこと、車両の高速化、輸送の細密化によりより高い安全性が求められるようになったことなどから、しだいに機械と人間が整合することの重要性が認識されるようになった（昭和30年代）。こうした流れの中で、日本国有鉄道は昭和38年に労働科学研究所内に人間工学研究室を設置した。

②事例

名称 : 運転台の人間工学ハンドブック ー形態編ー

開発者 : 鉄道労働科学研究所 人間工学研究室

開発年 : 1969年

特徴 : この文献は、国内外（主としてアメリカ）の一般的な人間工学に関する文献から得られる概念的原則および豊富な人間工学的データと、鉄道労働研究所独自の実験・解析の成果を統合し、鉄道車両の運転台の構造やタスクを前提とした、運転台設計の実用に資するハンドブックとしてまとめられたものである。設計現場では、この文献の記載事項を基本として現実に即した形に応用し設計に取り入れることにより、人間工学的知見に基づくマンマシンインタフェースの設計が行なわれるようになった。（このハンドブックの発行後も、新技術の開発や導入により、運転台に設置される機器やパネルも変化したが、基本的な人間工学的思想が大きく変化するわけではないので、特にガイドラインとしては改訂されていない。）

各章は機能あるいは装置ごとの節に分かれ、2章を除いては各節はいくつかの「指針」と「解説」からなっている。指針としては設計の基本的事項は省略し、人間工学的な視点からのガイドラインをまとめている。解説では、指針の補足説明にくわえ、参考となる実験及び測定データを添えている。

（5）監視制御盤一般の基準

（社）日本電機工業会は、電気機器の設計、製造、試験および使用に関する事項について、規格と技術資料（推奨事項／参考事項）などの資料を発行している。制御盤・配電盤類およびその専用部品として分類されている規格、技術資料のうち、制御盤のインタフェース設計に関するものとして以下の資料がある。

表 3.1-1 制御番のインタフェース設計に係わる日本電機工業会規格及び技術資料
「日本電機工業会規格」

番号	タイトル	制定年
JEM 1115	配電盤・制御盤・制御装置の用語及び文字記号	1956→1989改訂
JEM 1135	配電盤・制御盤及びその取付器具の色彩	1958→1982改訂
JEM 1137	配電盤・制御盤用ねん回形スイッチの把手の形状	1958→1981改訂
JEM 1403	グラフィックパネルのパネル地の色彩	1983
JEM 1406	配電盤・制御の故障表示方式の種類	1984
JEM 1416	グラフィックパネル用グラフィックシンボル	1985→1991改訂
JEM 1428	グラフィックシンボル及び経路線の色彩	1987
JEM 1459	配電盤・制御盤の構造及び寸法	1992

「日本電機工業会技術資料」

番号	タイトル	制定年
JEM-TR 136	監視・制御・操作用装置の設計のための身体計測値	1985→1992改訂
JEM-TR 170	監視制御室の照度基準	1990

これらの規格及び技術資料には、当該の個々の設計要素についての詳細な基準およびデータがまとめられている。

(6) 調査結果のまとめ

(1)～(5)の各領域の設計指針の調査結果をまとめた(ダム用ゲート制御室の設計指針への応用を目的としているので、特に、各指針の一般性、具体性、詳細度、タスク依存性、設備依存性等に着目した)。それぞれの設計指針の特徴は、おおよそ次のとおりである。

- ・原子力分野では従来型のハード機器主体の制御盤から新しいコンピュータベースの制御盤への変革が進行しつつあるため、最新の技術を取り入れた、人間工学及び認知科学的視点からの指針がまとめられている。
- ・LNG プラント、鉄道(運転台)では、一般的人間工学の指針をベースにして、独自のタスク環境及びタスク特性に適合させ、それぞれの設備に則した指針を作成している。
- ・航空機(フライトデッキ)の設計指針は、航空機の安全な操縦という観点から、さまざまなパネル、機器の設計の考え方及び具体的な仕様を定めている。

以上より、カバーする範囲の広さと内容の新しさでは原子力プラントの指針 NUREG が最も充実している。設計指針の項目の応用という点では、各設備とも、一般的なものやタスクに依存しない基本的な項目はそのまま使えるが、特定の機器の具体的な仕様や、例えば常時前方を監視しながら

必要な計器を読み取るという鉄道の運転台に特有のタスク特性を前提とした項目等は、直接ダム用ゲート制御には転用できない。これらについては、機器の用いられる目的と備えるべき条件などの関連等を一般化し、その考え方を応用するという方法で活用できる。また、それぞれの指針においては、一般的な人間工学の原則を基本としてどのように領域に適用し、その特性にあった指針を作成しているかを参考にすることも有益である。

3.2 洪水調節時における運転員のタスク分析

3.1項では、原子力・化学プラント等の他産業におけるマンマシンインタフェース設計に関する文献調査を実施した。より実用的なダム用ゲート操作のマンマシンインタフェース設計手法を作成するためには、ダム用ゲート操作タスクの特性を抽出し、それを踏まえた上で設計手法の項目を詳細化・具体化していく必要がある。そこで、フィールド調査を行って実際のダムゲート操作タスク（演習）のデータを収集し、タスクが現実の作業環境の中でどのように遂行されているのかを分析した。調査～分析の手順は次のとおりである。

調査対象ダムの概要は以下のとおりである。

〔調査対象ダムの概要〕

- ・型 式 ドーム形アーチ式
- ・堤 長 254m
- ・有効貯水量 20,000,000 m³
- 1) 準備 予備検討・計画・機材調達など
- 2) フィールド調査① データの収集（主としてビデオ記録）
- 3) データの整理
- 4) フィールド調査② 補足データの収集（主としてインタビュー）
- 5) タスク分析

以下では、調査・分析の概要と結果について、次のような構成でまとめる。

- 3.2.1 データ収集
- 3.2.2 タスク記述
- 3.2.3 分析結果
- 3.2.4 まとめ

3.2.1 データ収集

本調査業務においては、ダム用ゲート操作のタスク特性を抽出するために、2度のフィールド調査を行った。各調査の目的は次のとおりである。

フィールド調査①：ゲート操作演習の様子をビデオに記録する

フィールド調査②：ビデオ記録に基づくヒアリングを行う

また、それぞれに並行して関連する資料の収集及び調査も行った。これらの調査の概要を以下に述べる。

1) フィールド調査①

ゲート操作の演習の模様のビデオ収録を行った。調査の目的は、操作室における各操作員の動き、及び各操作員と各操作設備とのインタラクション（すなわち、表示機器の表示内容、それに応じた操作員の動作、設備からの応答）の様子をできるだけ明確に記録することである。

収録方法：ビデオカメラを5台用いて演習の様子を記録した。ゲート操作室に予め4台のカメラを設置し、1台を移動撮影用とした。操作室のレイアウト及びそれぞれのカメラの設置位置を図3.2-2に示す。4台のカメラは三脚等で固定し通して音声と共に収録した。各カメラの役割は次のとおりである。

カメラ1：操作室の全体的な様子を把握する

カメラ2：机における作業を記録する

カメラ3：クレストゲート操作を記録する

カメラ4：コンジットゲート操作を記録する

カメラ5：移動して随時撮影し、補助的に利用する

なお、カメラ1～カメラ4の画像は同期を取るために図3.2-1に示すように1つの画面に合成した。

カメラ 1



カメラ 3

カメラ 2

カメラ 4

図3.2-1 合成された画面

演習概要：次の2種類の演習が行われた。

タスクA－計画最大放流量 840 m³/sを維持するためコンジットゲートの開度を絞る。

タスクB－ただし書き放流：ダムの決壊を防ぐため計画最大放流量以上の放流を行う。コンジットゲートとクレストゲートを併用する。

収録データ：タスクA、Bのそれぞれについて、約1時間分のデータを収録した。収録したデータには具体的には以下の操作が含まれている。

タスクA：コンジットゲートの操作（午前10時15分～11時20分）

	時 刻	操 作 対 象 ゲ ー ト	ゲ ー ト 開 度
①	10：15～20	コンジットゲート 3 号	456→440 (cm)
②	10：30～35	コンジットゲート 1 号	456→438
③	10：45～50	コンジットゲート 2 号	456→439
④	11：00～05	コンジットゲート 3 号	440→423
⑤	11：15～20	コンジットゲート 2 号	439→421

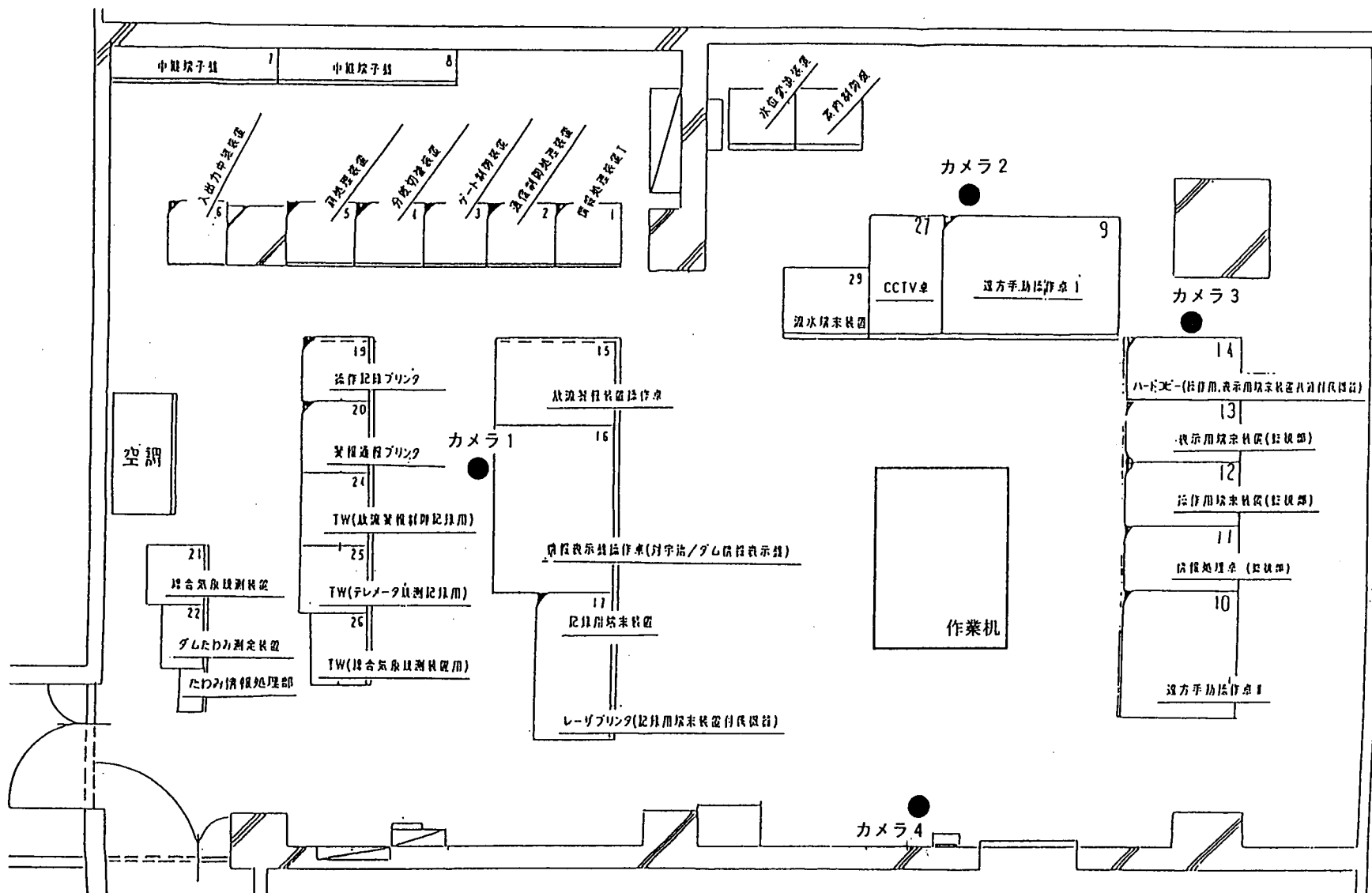


図3.2-2 操作室レイアウト及びカメラの位置

(午後13時15分～14時31分)

	時 刻	操 作 対 象 ゲ ー ト	ゲ ー ト 開 度
①	13：15～20	コンジットゲート 1 号	390→403 (cm)
		コンジットゲート 2 号	396→403
		コンジットゲート 3 号	387→403

	時 刻	操 作 対 象 ゲ ー ト	ゲ ー ト 開 度
②		コンジットゲート1,2,3号	403→413 (cm)
		クレストゲート1,2,3,4号	0→19

	時 刻	操 作 対 象 ゲ ー ト	ゲ ー ト 開 度
③	13 : 45～48	クレストゲート1, 2, 3, 4号	19→100 (cm)
④	14 : 00～03	クレストゲート1, 2, 3, 4号	100→184
⑤	14 : 15～17	クレストゲート1, 2, 3, 4号	184→239
⑥	14 : 30～31	クレストゲート1, 2, 3, 4号	239→256

・コンジットゲートの単独操作	タスク A①～⑤
・コンジットゲートの同時操作	タスク B①
・コンジットゲートとクレストゲートの同時操作	タスク B②
・クレストゲートの同時操作	タスク B③～⑥

—17—

2) フィールド調査②

フィールド調査②として、フィールド調査①で収録したビデオに基づき操作員へのヒアリングを行い、各運転員の動作の意図や解釈、操作設備の特性について聴取した。調査の概要を以下にまとめる。

調査内容：ゲート操作担当者等 6 名の協力を得て、次の内容に関するインタビューを行った。

- ・ビデオ記録に関するインタビュー

ビデオを見ながら、用意したタスク記述シートに沿って不明点、誤っている点、訓練と実際とで異なる点、その他全般的なコメント等を聴取した。

- ・その他のインタビュー

ビデオ記録とは直接関連しないが、タスク分析において不可欠である情報として以下の項目に関するインタビューを行った。

- －準備体制～体制解除までの流れと役割分担について
- －放流警報設備について
- －異常時／故障時について
- －その他のゲート操作に対する総合的な意見、コメント

3) 資料収集

フィールド調査①②と並行して資料の収集を行い、調査計画の立案やデータの整理・分析に活用した。収集した資料は表 3.2-1 のとおりである。

表3.2-1 収集したゲート操作に関連する資料

①操作規則，手順に関するもの	<実施要領など> 2-(3) 計画規模をこえる洪水時のただし書き操作要領 2-(4) 予備放流実施要領 2-(5) 操作実施要領 2-(6) 放流警報実施要領 2-(7) 点検整備基準 2-(8) 調査測定基準 2-(9) 放流連絡の手引き 2-(10) 年間貯水位図 2-(11) H-V曲線図 2-(12) 調節可能時間図 2-(13) 洪水調節計画波形図 ・操作規則及び操作細則 ・情報処理設備操作説明書（ダイジェスト版） ・表示に関する資料 ・操作規則フロー ・洪水演習資料
②演習に用いられた記録用紙	・ゲート操作記録 ・指示及び操作確認書
③操作室及び操作設備に関する図面	・操作室レイアウト ・コンジットゲート操作卓の形状 ・クレストゲート操作卓の形状 ・各設備の表示部・操作部の図面 (操作ボタンや表示等の配置と文字が鮮明にわかるもの)
④C R T画面の構成	・表示画面一覧表 ・操作演算画面 ・流量設定のウィンドウ ・ダム諸量グラフ画面 ・ダム諸量表画面 ・流域概況図画面 ・最新データ画面

3.2.2 タスク分析

フィールド調査①において収集したデータの中から、分析対象としてタイプの異なる操作を選び出し、詳細な分析を行うためにビデオに記録されているタスクの進行の模様（各操作員の動作、機器の状態の推移等）の書き起こしを行った。さらに、フィールド調査②で収集した情報をもとに、タスク記述シートの内容を修正し、できるだけ正確なタスク記述とした。

1) 分析対象タスクの選定

3.2.1項で述べたように、演習においては大きくわけて2種類のタスク

A. 制限流量を維持するためのゲート開度調節

B. 但し書き操作

が行われた。さらに、Bの但し書き操作においては操作のタイプとして3通りに分類された。分析を幅広く行い、実際に遂行されうるできるだけ多様なタスクの特性を抽出するために、合計4タイプの操作から1つずつ代表事例を選定し、以下の4ケースを分析対象とした。

A. 制限流量を維持するためのゲート開度調節：通常の操作方式に従う。

A-1 コンジットゲート2号の開度を下げる。

(10:45~50 456cm→439cm)

B. 但し書き操作：ダムの限界水位を越えないために制限流量以上の放流を行う。

(このような状況になることはほとんどないため、実際には行ったことはない。)

B-1 コンジットゲート3基の開度を上げる。

(15:15~20 390, 396, 387cm→403cm)

B-2 コンジットゲート3基とクレストゲート4基の開度を上げる。

(15:30~35 コンジット 403cm→413cm, クレスト 0 cm→19cm)

B-4 クレストゲート4基の開度を上げる。

(14:00~03 100cm→186cm)

2) 記述シートの作成

タスク分析を容易にするために、ビデオに収められたタスクの進行の模様を紙上に書き起こす作業を行った。このタスク記述の目的は各操作員の位置、動作（及び動作の対象）、移動、発話とシステム状態について、相互の関係を明確にしながら時系列的に記述することである。このようにタスクを記述したものは一般にOSD (Operational Sequence Diagram) と呼ばれているが、特に様式が定まっておらず、目的と用途、分析対象の規模等に応じて適宜作成する必要がある。今回作成したタスク記述シートの構成は、

横軸：操作室内の主要設備のレイアウトを一次的に示す。

さらに補足説明としてタスク内容／表示内容／備考を記す欄を設けた。

縦軸：上→下に時間の経過を示す。

という形とした。ただし、シート上では操作設備は便宜上横一列に並べられているが、実際には図3.2-2に示したような配置となっている。

さらに、この中に各操作員の位置・動作とシステム状態を記録するために、次のように設定した。

操作員の区別

登場順にA, B, C, D, E…として各シートのはじめに示す。

位置

各操作員が存在した位置を横軸上に点で表す（時間の経過により見た目は線であらわれる）。

動作

- ・表3.2-2の記号を用いて存在位置の上に記す。具体的な動作内容は横か備考欄に記述する。
- ・同じ行為が継続している間は点線であらわす。
- ・動作の対象の位置が操作員の位置から離れている場合は、存在位置に動作記号を置き、対象の位置は×で示して存在から対象まで→（細実線）を引く。ただし動作内容が「読み取り」であるときは、読み取りの対象までを点線の→で表現することとする。
- ・発話は発信者から受信者へ→（太）を引く（先の→とは、太さで区別する）。
- ・姿勢（立位／座位）をそれぞれ白抜き／塗りつぶしで区別する。

表 3. 2 - 2 操作員の動作内容を示す記号

動 作	記 号 (立 位)	記 号 (座 位)
いるだけ (特に何もしない)	○	●
操作 (ボタンを押す, 入力する等)	◇	◆
読み取り (表示や書類を読む)	□	■
発話 (発信→受信)	▽ ----→ △	▼ ----→ ▲
記入 (記録用紙に書き込む)	◇ □	◆ ■
照合 (2つの情報を見比べる)	□ □	■ ■
モニター (他者の行為を見守る)	○ □	● ■

< 記述例 >

左側にある CRT を監視する (座位)

CRT × ←---- ■

右側にある操作ボタンを押す (立位)

◇ → ×
操作ボタン

表示の状態

- ・記号☆は表示灯の変化を表す。
- ・記号Lはランプ, Bは操作ボタン, Mはメータ (数値表示) を表す。

警報の吹鳴

表示の状態欄に警報の継続時間を矢印で示し, 警報の意味を付記する。

3) タスクの記述

1)で選定した4つの事例 (操作ケース) について, 2)で検討した方法により記述したシートを図3. 2 - 3 (①~④) として添付する。

図3. 2 - 3 ① 操作A - 1 コンジットゲート1基の操作

図3. 2 - 3 ② 操作B - 1 コンジットゲート3基の操作

図3. 2 - 3 ③ 操作B - 2 コンジットゲート3基及びクレストゲート4基の操作

図3. 2 - 3 ④ 操作B - 4 クレストゲート4基の操作

時刻	タスクの進行	クレスト				WS	情報処理卓	コンジット				机	表示等の状態	発話	備考
		4	3	2	1			3	2	1	台				
10:36:00	48 A: 警報のクリア						A [警報発信] ☆		B B ☆				警報音(ビ-)発信シグ点滅 警報音停止、シグ連灯(*)		警報:「貯水水位量」 訓練時特有 * 外シグ・内シグ・ゲート 右横シグ点灯→消灯
10:37:00												C 紙①			C(所長):訓練の様子を見る
10:38:00	12 設定値入力 B: 設定流量の確認 B, A: WS操作のための移動 B: Aに設定値を伝える 31 34 A: 設定値の入力 53 B: 情報処理装置の動作の確認						CRT画面 [発声] (*) キーボード マウス操作 B ☆ 操作要求点灯					紙②		B→A 数値を伝える	画面内容: 放流量設定画面 * 1 「設定流量制御方式を開始しました」
10:39:00	A, B: 定位座への移動 A: 確認ボタンを押す A, B: 放流量の設定の確認 記録(操作前) A: 紙①に記入 B: 操作前(10:45時点)の記録 (日付、時刻、各ゲート開度/放流量)						L ゲート2の 目視確認 紙①に記入 紙を見る					紙②			
10:40:00															

図3.2-3 タスクの記述(操作A-1)

時刻	タスクの進行	クレスト				WS	情報処理卓	コンジット				机	表示等の状態	発話	備考
		4	3	2	1			3	2	1	台				
10:41:00	B : 設定値と計画値の確認						A		B				↑ ↓ プラプラ		喫室の電話
10:42:00															
10:43:00															
10:44:00	ゲート閉操作 A : ゲート操作開始時刻を待つ B : 再度、設定値を確認する B : ゲート操作開始時刻を待つ														
10:45:00	A : ゲート操作を開始する A, B : ゲート操作が始まったことを確認する A : CRT画面を見る														

図3.2-3 タスクの記述（操作A-1）つづき

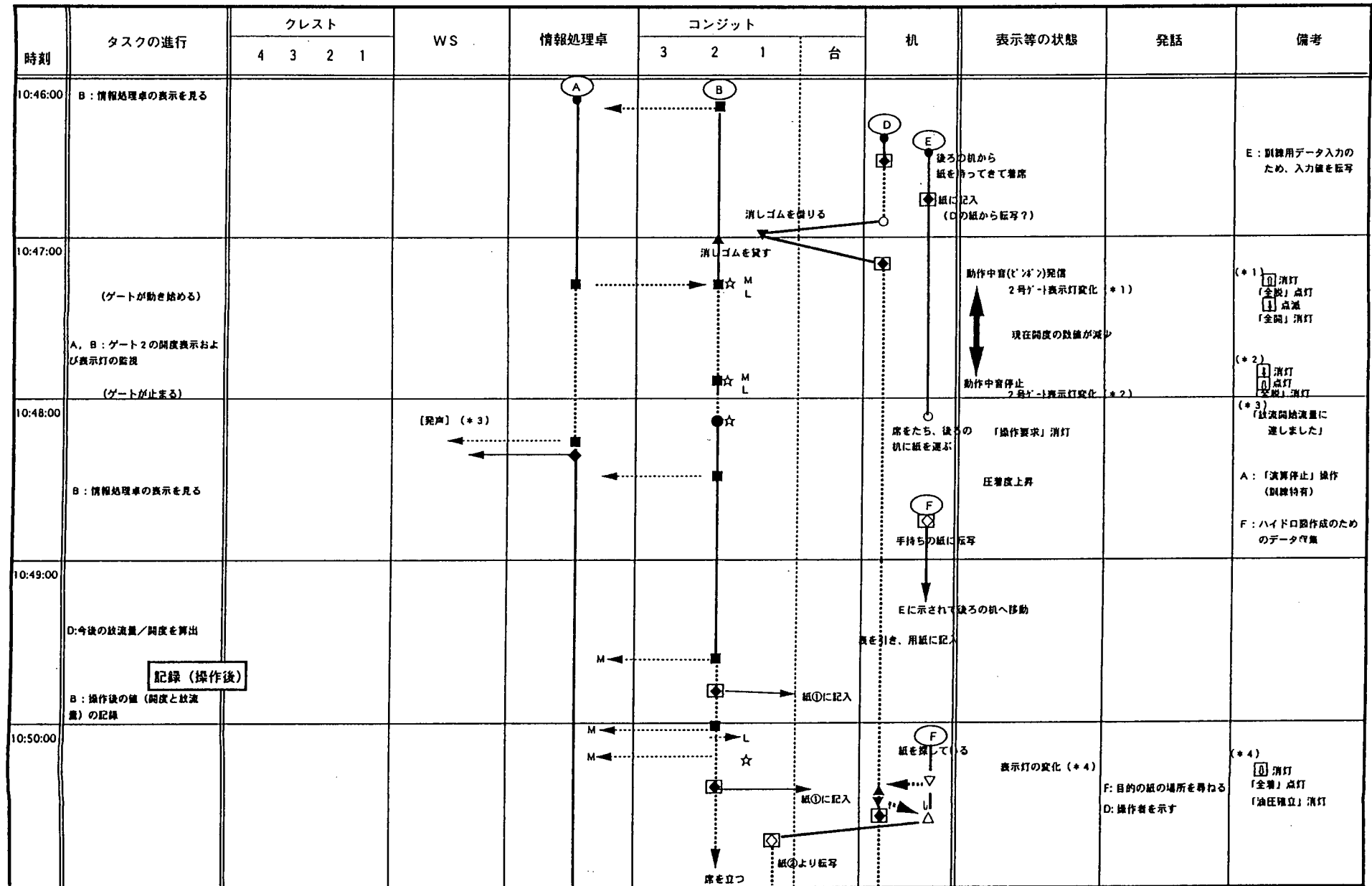


図3.2-3 タスクの記述（操作A-1）つづき

時刻	タスクの進行	クレスト				WS	情報処理卓	コンジット				机	表示等の状態	発話	備考
		4	3	2	1			3	2	1	台				
10:51:00	D:今後の放流量/同度を計算する A:ゲート操作内容を記録する						A 紙①より紙③に転写			F 紙④より転写 内容の確認		D 表をひく 紙に記入 電卓で計算			
						[発声] (*5)						メモと確認			*5「制御が終了しました。 操作ガイダンスにしたがって
10:52:00	A:音声に応答する						確認								
							確認							H: Dにアドバイス	
10:53:00	A:警報音をクリアする				B ☆		「警報発信」 「制御機器異常」点滅 ☆			B ☆			警報音(ビ-)発信377点滅 警報音停止.377点灯 (*6)		*6 右側377点灯→消灯 警報:訓練に特有

図3.2-3 タスクの記述(操作A-1) つづき

時刻	タスクの進行	クレスト				WS	情報処理卓	コンジット				機	表示等の状態	発話	備考
		4	3	2	1			3	2	1	台				
13:15:00	ゲート開操作														
:05	H: 1号コンジット開ボタン操作												1号コンジット表示灯変化*	H「はい、行きます」	*「全着」消灯、「油圧
:18	H: 2号コンジット開ボタン操作												2号コンジット表示灯変化*	B:「10秒おきくらいですな」	確率」、①点灯
:27	B: 3号コンジット開ボタン操作												3号コンジット表示灯変化*		
	記録（操作前）												圧着度メーター減少		
	H: 用紙①に記入														
13:16:00															
:40	(H: 停止の準備)														
13:17:00															
:23	(B: 停止の準備) 1号コンジット自動閉開始												動作中音(ビーン)発信		*1「洪水開始流量に達し
:34	2号コンジット自動閉開始												1号ゲート表示灯変化(*2)		ました」
:38													2号ゲート表示灯変化(*2)		*2 ①消灯、「全着」点灯、
:42	B:「警報確認」ボタン操作												警報音(ビー)発信シブ点滅		①点滅
:44	3号コンジット自動閉開始												警報音停止、シブ点灯(*2)		*3 外装ゲート、コンジット
:48	B: 2号ゲート停止ボタン操作												3号ゲート表示灯変化(*2)		右端シブ点灯→消灯
:51	H: 1号ゲート停止ボタン操作												2号ゲート表示灯変化(*4)		*4 ①消灯、「全着」消灯、
	ゲート停止												1号ゲート表示灯変化(*4)		①点灯
13:18:00															
:17	B: 3号ゲート停止ボタン操作												3号ゲート表示灯変化(*4)		目録値に達したら
:20	H: 用紙①に記入												動作中音停止		停止する
:39	B: 用紙③に記入												(圧着度メーター増加)		
13:19:00															
	B: 用紙①に記入														
															B: 鼓流量の増加を計算

図3.2-3 タスクの記述（操作B-1）

時刻	タスクの進行	クレスト				WS	情報処理卓	コンジット				机	表示等の状態	発話	備考
		4	3	2	1			3	2	1	台				
18:20:00 :06 :07 :32 18:21:00								B ■ M ☆ ☆ ①		H ● ☆ ○			・ 2号ゲ-ト表示灯変化 (※) ・ 1号ゲ-ト表示灯変化 (※) ・ 3号ゲ-ト表示灯変化 (※)		* 「油圧確立」消灯、 □A 消灯、「全着」点灯
:27								↓ (離)		↓ (席)					

図3.2-3 タスクの記述（操作B-1）つづき

時刻	タスクの進行	クレスト				WS	情報処理卓	コンジット				机	表示等の状態	発話	備考
		4	3	2	1			3	2	1	台				
13:22:00	設定値入力 B: WS操作により設定値入力						B H					I			
:29 :30							X								
13:23:00	B: 「操作要求」押ボタン操作														* 「ただし書き操作技法方式を開始しました。」
:10															
:19															
:22															
:34															
13:24:00															
13:25:00															
13:26:00															
13:27:00	操作盤準備 I: 各ゲート制御電源ON						H B					I			
:42							X								
13:28:00															

図3.2-3 タスクの記述(操作B-2)

時刻	タスクの進行	クレスト				WS	情報処理卓	コンジット				機	表示等の状態	発話	備考
		4	3	2	1			3	2	1	台				
13:29:00	記録（操作前） B：用紙①に記入	H	I				B							H：「水位が上がっている でしょう。まだまだ 上がりそうなので…」	
:58	H：時間（腕時計）を見る	腕時計						用紙① 腕時計							
13:30:00	コンジット操作 B：「起動」ボタン（点滅して いる）操作 H：コンジットの動作を確認 クレスト操作 I：2号ゲート開ボタン操作 H：3号ゲート開ボタン操作							用紙① ☆ ☆ ☆					・コンジットゲート表示 ランプ変化（*） 動作中音（ビーン）発信。 2号ゲート 点滅 3号ゲート 点滅	H：「もう動いてんのやろ？ I：「脱着中がついてる」	* 2号・1号・3号順に 「全着」消灯し、「油圧 確立」・「Q」点灯 開操作は2, 3, 1, 4号 の順に行う
3:31:00	I：1号ゲート開ボタン操作 H：4号ゲート開ボタン操作 I：2号ゲート停止ボタン操作 H：3号ゲート停止ボタン操作 I：1号ゲート停止ボタン操作 H：4号ゲート停止ボタン操作 H：「リセット」制御電源OFF					M							・1号ゲート 点滅 ・4号ゲート 点滅 ・2号ゲート 消灯 ・3号ゲート 消灯 ・1号ゲート 消灯 ・4号ゲート 消灯 動作中音停止 警報音（ビーン）発信消滅		各ゲートの停止は ゲート開度を監視 しながら、目視値 （19cm）に達したら 停止する
13:32:00	B：「警報確認」ボタン操作 (コンジット 2, 1, 3号の順に自動開動作) (2, 1, 3号の順に自動停止) 全号停止							☆ 「警報発信」 「貯水水位注意」点滅 (離席)					・「貯水水位注意」点滅・ 警報音停止* 動作中音（ビーン）発信 コンジットゲート表示順次変化 表示ランプ順次変化 動作中音停止	・H, Bが会話	B：警報に気が付いている が、Hと会話中 *「リセット」操作後右端 ランプ点灯→消灯 ・「Q」点灯：圧着中である
13:33:00															
:53															*「制御が終了しました。 …を…に…に従って、 …を指定して下さい。」

図3.2-3 タスクの記述（操作B-2）つづき

図3.2-3 タスクの記述（操作B-2）つづき

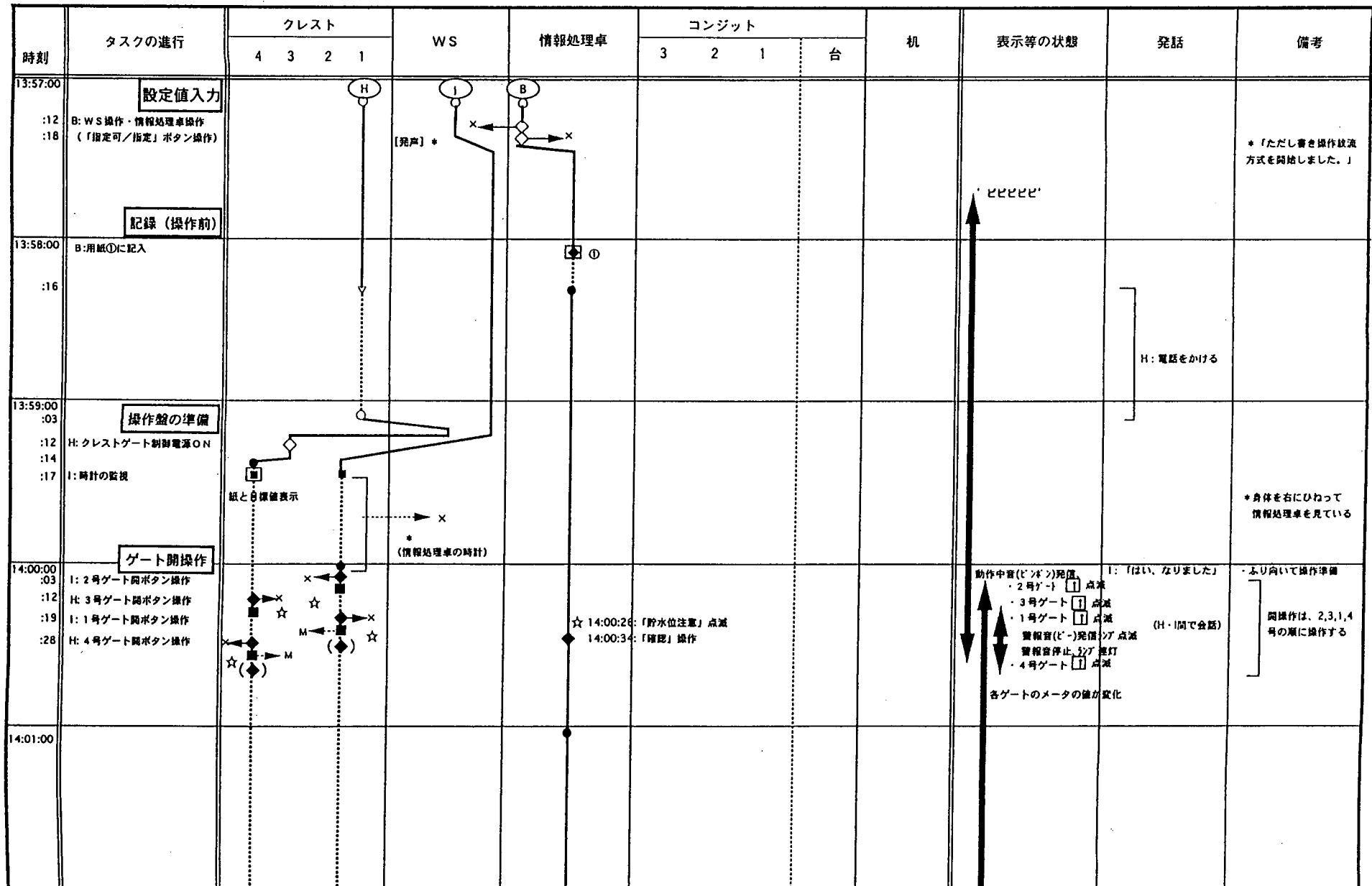


図3.2-3 タスクの記述（操作B-4）

時刻	タスクの進行	クレスト				WS	情報処理卓	コンジット				机	表示等の状態	発話	備考
		4	3	2	1			3	2	1	台				
4:02:00		(H)		(I)			(B)						各ゲートのメータの値が変化		
:52	I: 2号ゲート停止ボタン操作												・ 2号ゲート [1] 消灯		
:59	H: 3号ゲート停止ボタン操作												・ 3号ゲート [1] 消灯		
4:03:00													・ 1号ゲート [1] 消灯		
:07	I: 1号ゲート停止ボタン操作												・ 4号ゲート [1] 消灯		
:16	H: 4号ゲート停止ボタン操作												動作中音停止		
:21	H: 外付け制御電源OFF														
:26														H: 「終わりました。」	

図3.2-3 タスクの記述（操作B-4）つづき

3.2.3 分析結果（問題点・留意事項の抽出）

本調査におけるタスク分析の目的は、すべに述べたとおり、

- ・一連のタスクの特性
- ・操作員にとって使いやすい操作設備を実現するために考慮すべきポイント

を抽出することである。ここではこのような視点に立って、ゲート操作に関連する文献及びフィールド調査の結果の整理・分析を行い、作業体制、ゲート操作タスク、演習の在り方等についてまとめた。構成は以下のとおりである。

- 1) 作業体制全般（準備体制～ゲート操作～体制解除までの流れ）
- 2) ゲート操作
 - (2-1) 通常時タスク：通常のゲート操作及び放流警報について
 - (2-2) 緊急時タスク：a. 特別な環境条件における操作（但し書き操作）
b. 機器の故障時について
- 3) 演習の在り方

以下にその内容をまとめる。

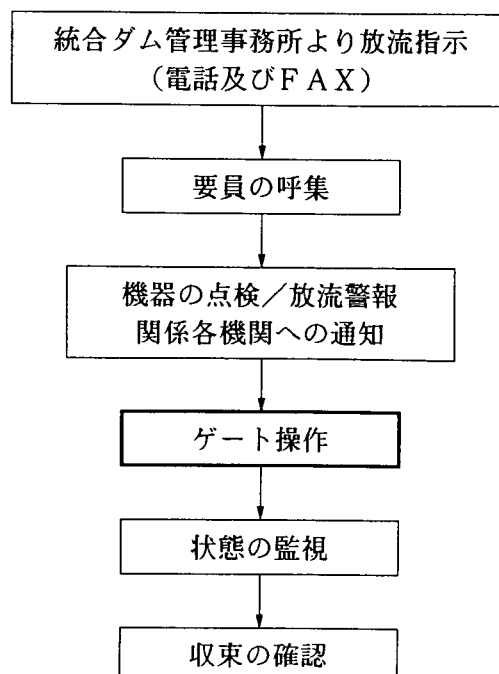
1) 作業体制全般（準備体制～ゲート操作～体制解除までの流れ）

フィールド調査②のヒアリング及び関連資料の収集を通して、ゲート操作における体制の取り方について、明らかになったことを以下にまとめる。

(1-1) フロー

ゲート操作のフローの例を図3.2-4に示す。

おおまかな作業の概略としては、次のような流れ図にまとめることができる。



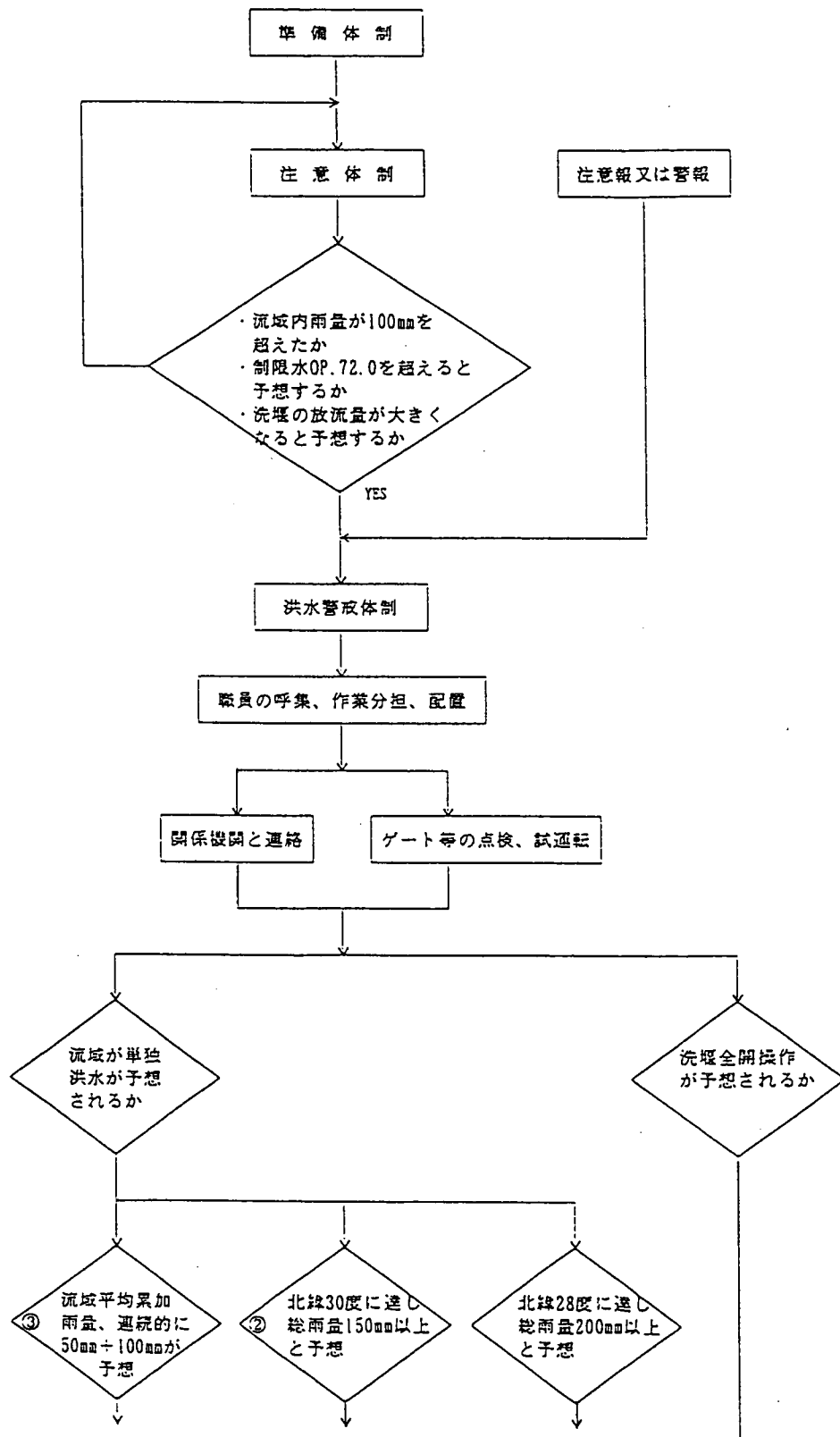


図3.2-4 ダム操作フローの例 (1/4)

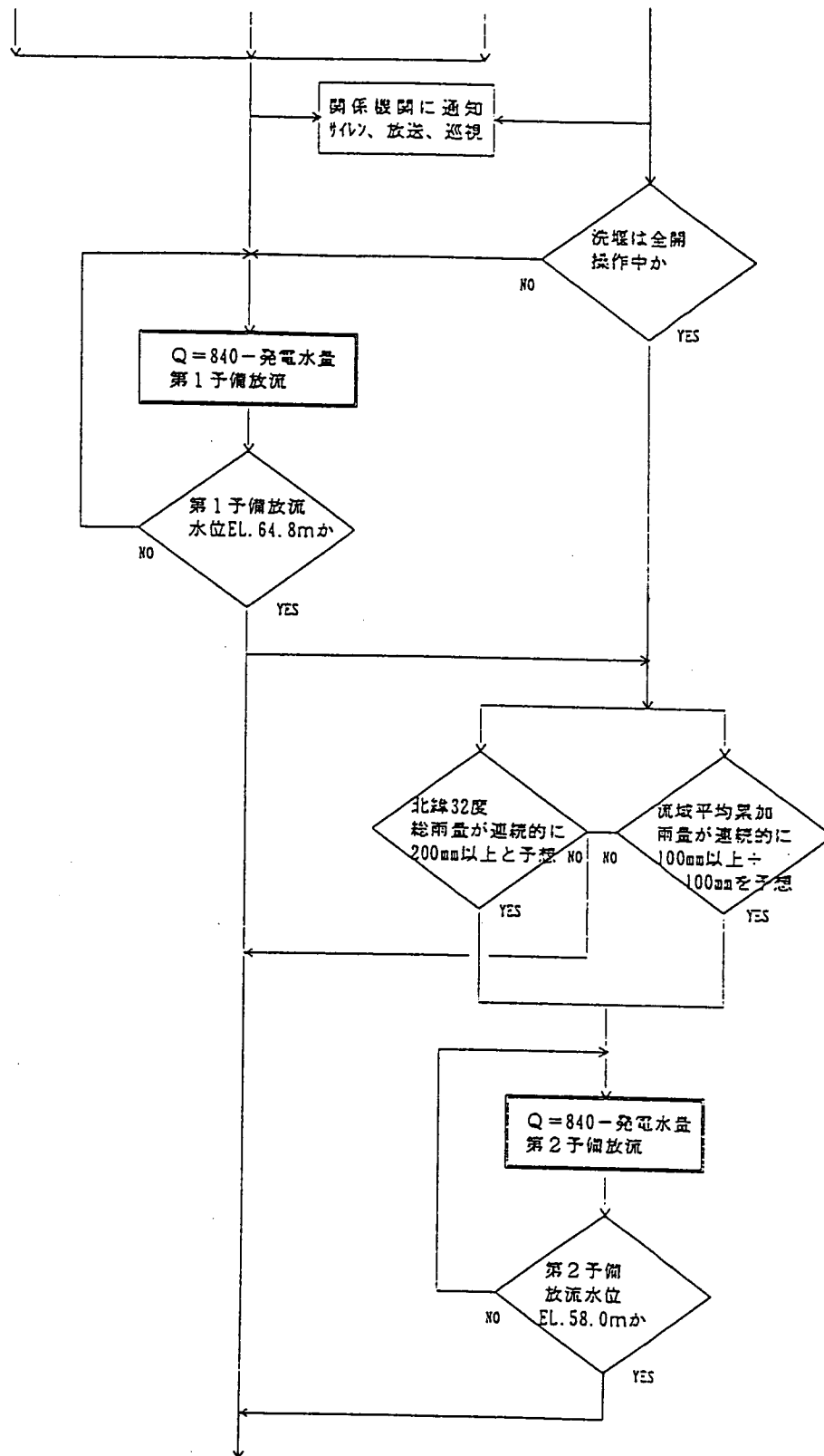


図3.2-4 ダム操作フローの例(2/4)

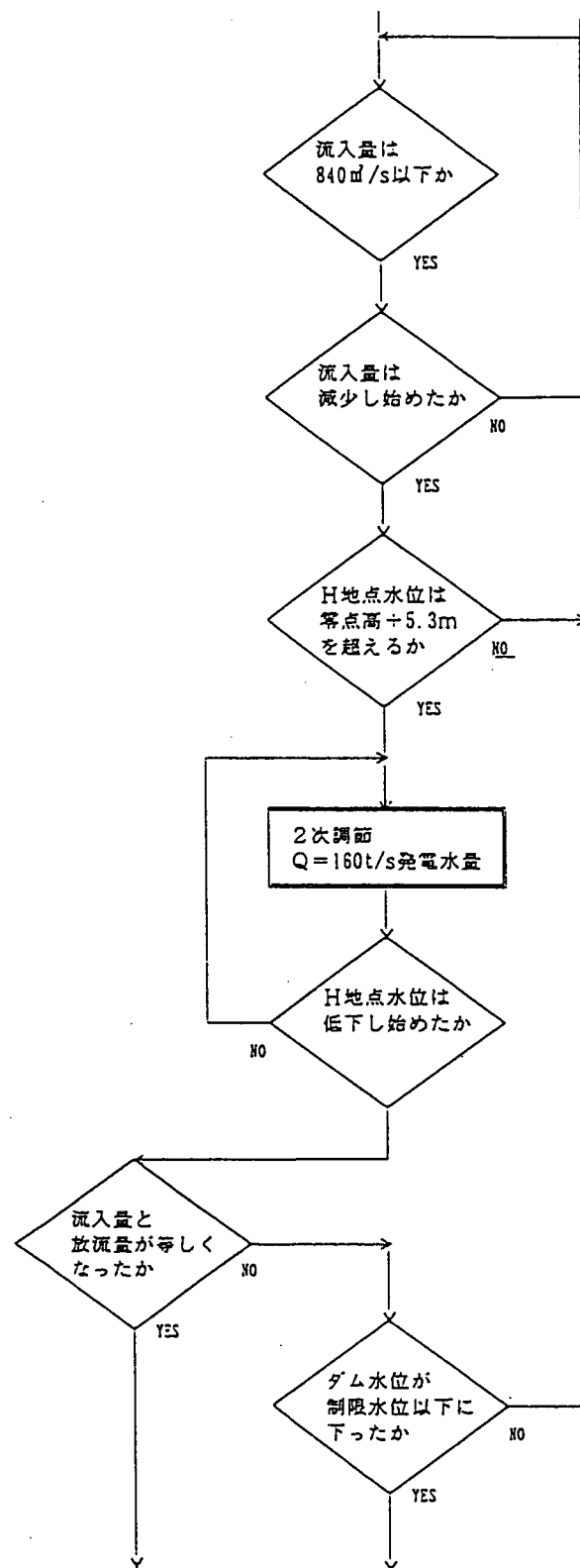


図3.2-4 ダム操作フローの例 (3/4)

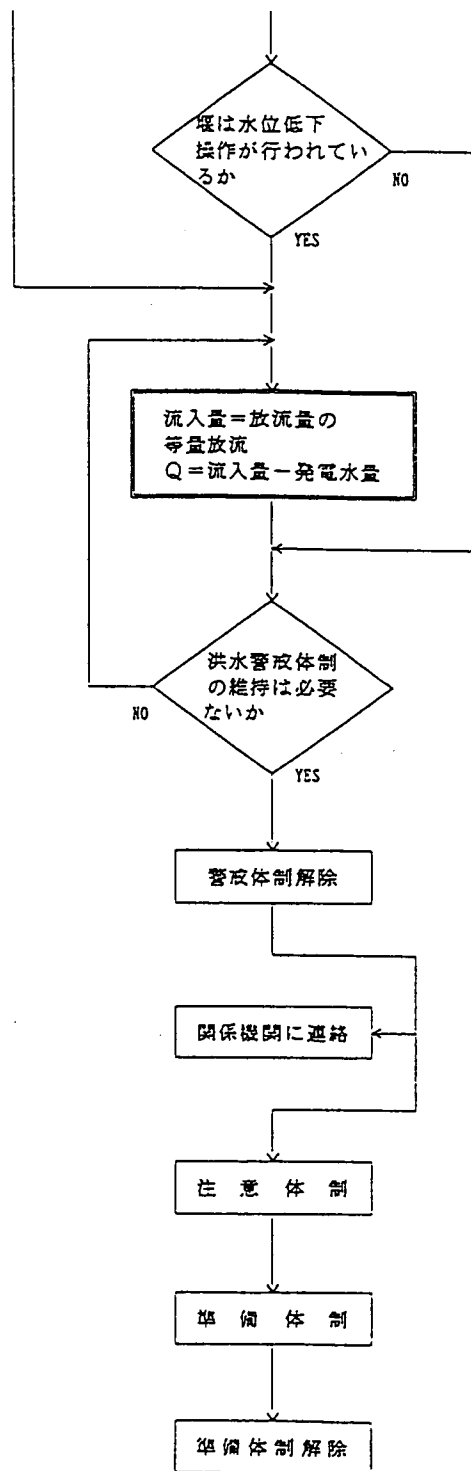


図3.2-4 ダム操作フローの例 (4 / 4)

本調査は主としてゲート操作タスクに重点をおいたものであるが、安全かつ円滑に洪水調節が行われるためには、実際のゲート操作に至るまでのステップ及び操作後の確認がスムーズかつ的確に進行することもきわめて重要であり、別途検討する必要がある。

(1-2) 作業内容

体制は、気象条件、水文状況に応じて4つの段階に区分されている。それぞれの体制（段階）での作業の具体的な内容は次のとおりとなっている。

準備体制：ゲートの点検、要員の確保、機械類保守体制の確保・調整、コースターゲートを主ゲート取水口の上まで下げることなど。

第一警戒体制：ゲートの開操作

第二警戒体制：洪水への対処

非常体制：但し書き操作

(1-3) 運用

ヒアリング調査等によると、運用に当たっては、次のような事項について、考慮されることも考えられる。

- ・各操作員への作業分担は、人数、経験等に基づき適宜決定される。
- ・場合によっては、作業分担のローテーションもありうる。
- ・作業の交替は通常の勤務時間をベースにして応援の状況、要員の健康を考慮して行う。
- ・作業の割当に際しては、経験のある人と少ない人をペアにすることが多い（ベテランの能力を活かすと同時に、経験の浅い操作員の能力、知識の向上をはかるため）。

体制の組み方としては、状況（環境、要員の能力や状態）を把握した臨機応変な対応が必要であることがわかった。時間的な余裕は、統合ダム管理事務所より放流指示のタイミングに左右される。余裕があるときはそれほど問題は生じないが、余裕がないと操作員に負荷がかかっている。

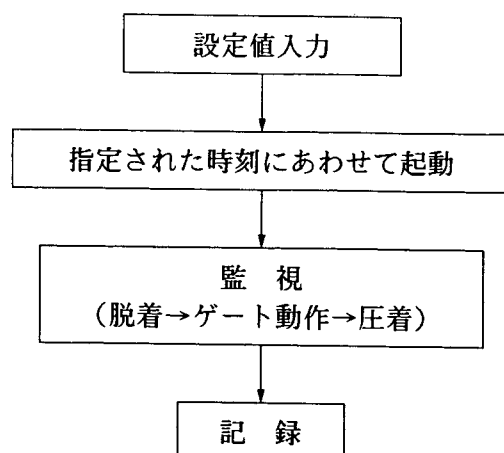
2) ゲート操作

ここでは、通常時と異常時・緊急時に区別して、ゲート操作タスクについて整理・分析を行う。関連資料及び前項でまとめた記述シートを参考にして、タスクの流れ、個々の要素タスク、操作設備（操作盤等）とのインタラクションについてまとめる。

(2-1) 通常のゲート操作タスク

洪水調節は、基本的に、統合ダム管理事務所により指定された放流開始の時刻及び放流量に基づいて行われる。通常は、指定された時刻に指定された量の水が放流され、かつ下流側の水位の変動が一定量以内におさまるように、適切なゲート開度を算出し、一定時間間隔でコンジットゲートを1基ずつ操作する。コンジットゲートに関して半自動操作の場

合、一回のゲート操作はおよそ以下のように進行する。



はじめに設定値（放流量）をダムコンに入力する。すると、ダムコンは、下流への影響と各ゲートへの負担を均等にする 것을考慮し、各ゲートの操作量を適切に交互に割り振り、その都度目標開度、目標放流量を各ゲートの操作卓の表示部分を提示する。操作員は、一定時間ごとに「起動」以下のステップを繰り返している。操作員によるタスクは次のような要素タスクに分類することができる。

ーゲート操作

- ① 設定値入力
- ② ゲート操作（動作状態の監視も含む）
- ③ 記録

ー放流量、開度等計算

ー放流警報

ーハイドロ図作成

以下に、図3.2－3タスク記述シートA－1及びヒアリング結果等に基づき、タスク内容及び設計上の留意ポイント、現状での課題等を整理する。特にゲート操作については、各要素タスクごとにタスクの目的、動作、必要な情報、関与する機器についても詳細に整理する。

<ゲート操作>

① 設定値入力タスク

設定値入力タスクの内容は以下のとおりである。

状況と目的	ゲートの開閉に先立ち、ゲートの目標開度を計算させるためにWSに設定流量を入力する。	
動作の内容	・ 情報処理卓位置から、ワークステーションの監視 ・ 情報処理卓位置から、ワークステーションへの移動 ・ ワークステーションにおける操作 CRT画面より設定流量制御方式を選択し、設定流量をキーボード入力する。値を確認し、実行キーを押すまたはマウスをクリックする。 ・ ワークステーション操作による情報表示卓の表示状態の変化の確認 ・ ワークステーション操作による操作卓の表示状態の変化の確認（演算結果としての目標値を確認） ・ ワークステーションから情報処理卓への移動 ・ 情報処理卓での操作（「確認」ボタン操作）	
必要な情報	時刻 設定流量 演算の結果	
関与する機器	CRT画面、マウス、キーボード 情報処理卓の目標値の表示	
留意ポイント	－ 情報処理卓からのワークステーションCRT監視可能性・移動距離 ・ 近接配置 ・ CRT画面表示要素が見やすい － ワークステーション操作容易性 ・ 入力器具が使い易い ・ CRT画面表示要素が使いやすい － ワークステーション位置からの、情報表示卓・操作卓の表示の視認性 ・ 近接配置 ・ 見やすい大きさ及び表示 － 情報処理卓上での操作の容易性 ・ 設定値入力、確認タスクの流れの中で確実に操作出来る	
現状での課題等	・ CRT画面の構成がわかりにくい（機能の区分ができていない）	

② ゲート操作タスク（半自動）

コンジットゲート半自動のゲート操作タスクの内容は以下のとおりである。

状況と目的	操作すべき時刻になったらゲートの操作を実行する。	
動作の内容	・ 情報処理卓位置での操作開始時刻の監視 ・ 情報処理卓での操作（「起動」ボタン操作） ・ 起動条件表示・ゲート動作表示の監視 ・ ゲート動作完了の確認（圧着動作も含む）	
必要な情報	時刻，ゲートの状態（目視），現在のゲート開度，目標開度，圧着脱着の状態，下流側の状態	
関与する機器	起動ボタン，ゲート（実物），時計，メータ，表示ランプ，動作中音，テレビモニター	
留意ポイント	－ 情報処理卓上での操作の容易性 ・ 設定値入力，確認，起動，ゲート動作タスクの流れの中で確実に操作が出来る。 － 警報表示・起動条件表示・ゲート動作表示の監視の容易性 ・ 機能の明確な分離／区分 ・ 視認性 ・ 装置動作機能との一致 － 音声表示の区分 ・ 動作中音，システム状態表示音，警報音等の区分 － 操作の容易性 ・ 操作器具と表示器具の分離／区分	
現状での課題等	・ 時刻を示す時計は分単位であるのでとどのくらいで起動すべき時刻になるのかがわかりづらい。 ・ 動作中音，警報音が重なることがある。 ・ ゲート操作卓の前に座った状態では，実際のゲートの動きを目視できない ・ 起動条件等の表示灯，ゲート動作の表示灯，警報灯が同じエリアに並んでおり，区別されていない（表示灯の配列が機能の区分と整合していないため，補助のシールをはって表示灯の意味と関連をわかりやすくしている） ・ 圧着動作中の表示が不自然（動作中か完了かが判らない） ・ 圧着動作について実際の動きとランプの点灯状態があわない（脱着が終わってから数字が動きだすまでに数秒かかる，ゲートによって，開度によって，時によってちがう）	

現状での課題等 (続き)	・完全に圧着したことを確認しないうちに記録を開始している（圧着中は実際には音により認識できる。メータの変化の割合から圧着が完了するタイミングを予測あい、終わったところに表示灯，メータ，ゲート目視により確認するとのこと） ・ゲートの開閉について，トータルの放流量，何回目の操作かわからない。 ・操作器具と表示器具に同じ形のものが使用されている	
-----------------	--	--

③ 記録タスク

操作記録タスクの内容は以下のとおりである。

状況と目的	一回の操作ごとに操作内容を記録用紙に記入する。	
動作の内容	情報処理卓上あるいは操作卓上で操作記録用紙に記録する ・操作時刻，操作者名，記録者名 ・操作前の状態（貯水位，放流量，各ゲートの開度） ・操作後の状態（貯水位，放流量，各ゲートの開度）	
必要な情報	時刻，貯水位，放流量 現在のゲート開度	
関与する機器	時計，メータ，電卓	
留意ポイント	・記録等作業用スペースの確保	
現状での課題等	・実物のゲートの並びと記録用紙上の並びが逆転している ・簡単な計算を必要とするため，電卓を用いている ・ゲートの動きが止まった時点で（圧着が完了する前に）操作後の記録を行っている。	

<ゲート開度の計算>

基本的には，放流量の入力に応じた開度がダムコンにより自動で計算され設定される。操作員はダムコンのバックアップとして換算表や電卓を用いて手計算を行い，適宜照合している。また，状況がわかりやすいときには，シミュレーション的に何通りか計算を予め行うこともある。

<放流警報>

放流警報は「ダム放流警報実施要領」に定められた基準及び方法に従って実施される。放流警報として，以下のものが定められている。

放流連絡：

警報放送：

サイレン警報：

警報電光表示：

巡視警告：

このうち、警報放送及びサイレン放送の概要は次のとおりである。

- ・原則として一連のゲート操作の一定時間前に行う。
- ・状況に応じたメッセージが定められている（テープ放送）。
- ・現場の一箇所で原則として二度繰り返す。
- ・上流側から所要箇所毎に適切な時間差をとって流す。

制御室のマンマシン設計としてのポイント：

放送及びサイレンの現場の音量は普通定格で決まっているが、必要なら現場で制御する。または、制御室からでも制御可能である。制御室では、流している放流警報をモニターしている。モニターする音量は必要に応じて制御できる。操作員によれば、モニター音は慣れてしまえば全く気にならず、操作や計算の妨げになることはないということである。ただし、調査者（分析者）としては、非常に気になる音声であり、特に警報音は操作卓の警報音と類似したものがあつた紛らわしいと感じられた。ゲート操作をしている操作員あるいは計算を行っている操作員が放流警報のメッセージや警報をモニターする必要性はないので、この点での配慮が望まれる。

<ハイドロ図の作成>

貯水位と流入量、放流量を一枚のグラフに記録する（ハイドロ図は状況把握や今後の経過を予測するうえで非常時に特に重要となる）。図の作成に必要なデータが複数あり、それぞれ情報源が異なっているので、それらの情報を収集する必要がある。これらの情報源は異なつた場所の異なつた用紙に記録されており、担当者はそれぞれの用紙から必要なデータを書き写して、グラフ化している。このようなデータの収集の行動と他の操作員の行動が交錯する場面が見られ、データの流れの整理が必要と考えられる。

(2-2) 緊急時について

機器の故障や予想を越える流入量の変化などが発生した場合（緊急時）、通常のタスクに付加されるタスク、あるいは通常のタスクとは異なるタスクが発生する。適切なMMI設計においてはこのようなタスクも考慮に入れる必要がある。したがってここでは、資料及びフィールド調査結果より、緊急時のタスクとして次の二種類に想定した。

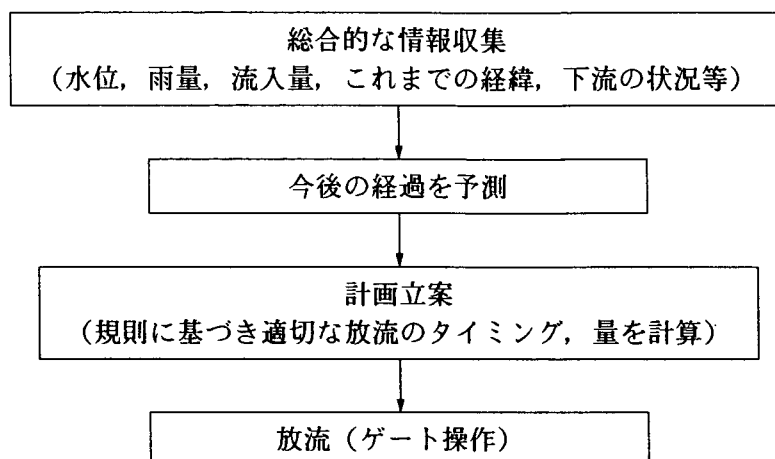
a) 環境の要因による緊急時

b) 機器あるいは制御系の故障による緊急時

それぞれの場合についていくつかの緊急時タスクを想定し、タスクの内容及びタスク遂行に影響するポイントについての検討を行った。

a) 環境の要因

但し書き操作など（フィールド調査におけるタスクBに相当する）。大雨などによりダムの貯水量が制限水位を越えた場合にダムの決壊を避けるため、通常時に用いるコンジットゲートだけではなくクレストゲートの操作により、計画放流量以上の放流を行う。この場合は、通常時のような定刻、定間隔の操作でなく、水位の変動を見ながら適宜放流を行う。



<総合的な情報収集・予測・計画立案タスク>

どのような情報をどのように収集するか、どのように予測し、計画を立案するかというタスクである。ポイントとしては、

- ・的確な判断を素早く行うために必要な情報が適切な形で提供されることが重要である。
- ・各操作員の連携がとりやすく、無駄がなく、かつ無理のない役割分担ができることが重要である。

インタフェース設計の観点からは、上流の水文、流域の状況といった情報をどのように表示した方がよいかといった面での要求は纏めることが出来る。

<ゲート操作>

但し書き放流のためのゲート操作としては、貯水位及び放流量に応じて取りうるゲート開度が定められており、操作のタイプとしては次の3通りのパターンがある。

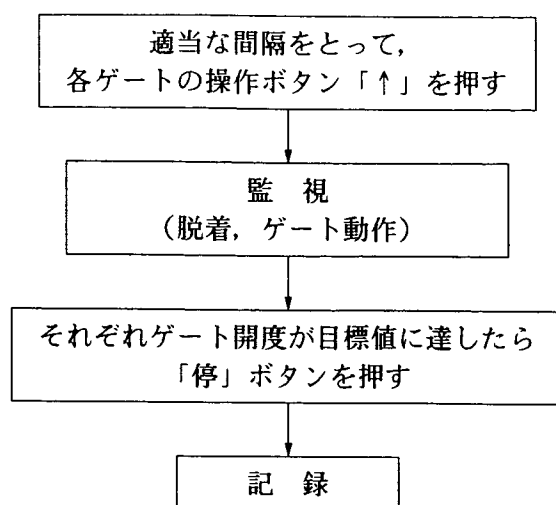
(タスクB-1) コンジットゲート3基の開度を手動で揃える

(タスクB-2) コンジットゲート3基の開度調整（半自動）と、クレストゲート4基の開度調整を同時に行う（手動）

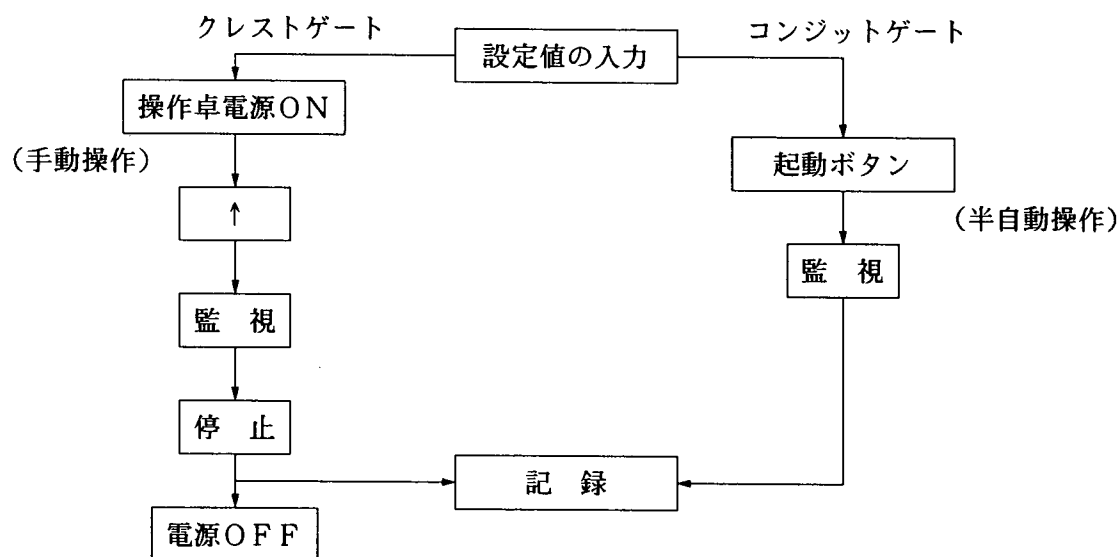
(タスクB-4) クレストゲート4基の開度調整を行う（手動）

それぞれのタスクの流れは以下のようにになっている。

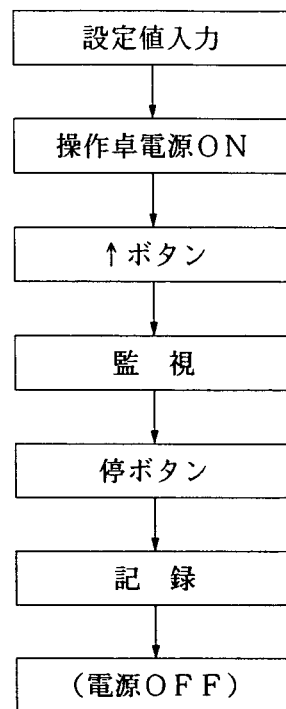
(タスク B-1) コンジットゲート 3 基の開度を手動で揃える。



(タスク B-2) コンジットゲート 3 基の開度調整 (半自動) と、クレストゲート 4 基の開度調整を同時に行う



(タスクB-4) クレストゲート4基の開度調整を行う(手動)



上記のゲート操作タスクは、次のような要素からなっている。

- ①設定値の入力
- ②操作盤電源のオン/オフ
- ③コンジットゲート手動操作
- ④コンジットゲート半自動操作
- ⑤クレストゲート手動操作
- ⑥記録

以下に、タスク記述シートB①、B②、B④及びヒアリング結果に基づき、タスクの内容及び設計上の留意ポイント等を整理する。

① 設定値の入力

要素タスクとしての設定値の入力については、(1)通常時の場合とほぼ同様であるので、ここでは省略する。

② 操作盤電源スイッチのオン/オフ

電源スイッチのオン/オフのタスク内容は以下のとおりである。

状況と目的	オン：ゲート操作に先立ち、操作卓の電源を入れる。 オフ：ゲート操作終了後、操作卓の電源を切る。	
動作の内容	オン：一連の操作のはじめには、それぞれのキーが束になったキーホルダーから、該当するキーを外して、操作卓の鍵穴にさし、まわす。2回目以降で、オフになっているときはささった状態のキーをまわす。 オフ：一回の操作が終わったら、鍵穴にささっているキーをまわす。最後の操作では、鍵を抜き取りキーホルダーに戻す。	一回の操作のたびにオフにすることが多い（規則で決まっているわけではないがその方が安全であるため）
必要な情報	オン：キーの場所・状態、鍵穴の位置、電源が入っているかどうか オフ：キーの位置、電源が切れたかどうか	
関与する機器	キーホルダー、キー、操作卓、鍵穴、操作可ランプ	
留意ポイント	・主要な操作であるので必ず意識的に行われること ・必要に応じて円滑に操作できること ・操作盤の状態がわかりやすいこと	
現状での課題等	・電源が入っているかどうかは操作盤上の「操作可」ランプにより確認できるが、このランプはゲート操作のための押しボタンと同じ形状をしていて、まぎらわしい。 ・操作中、鍵の束が置かれる場所は定められていない。 ・電源を切ることは毎回義務づけられているわけではないが、切ろうと思っていたのに忘れて後で戻ってくることが多い。 →電源操作キースイッチ等の保管場所の明確化 クレストゲート操作卓操作電源断等の操作手順の明確化が必要である。	B②13：27 B②13：31他

③ コンジットゲート手動操作

コンジットゲートの手動操作の内容は以下のとおりである。

状況と目的	操作すべき時刻になったらゲートの開閉を手動で行う	
動作の内容	・分担及び操作間隔を了解したうえでの3ゲートの順次手動開操作 ・ゲート動作表示の監視 ・開度の目標値と現在値を監視しながら目標値に達したら3ゲート順次停止操作 ・ゲート動作完了の確認	この場合はゲート3基を並行して開閉している。

必要な情報	時刻，ゲートの状態（目視），現在のゲート開度，目標開度，圧着脱着の状態，下流側の状態	
関与する機器	↑ボタン／↓ボタン，停止ボタン，ゲート（実物），時計，メータ，表示ランプ，動作中音，テレビモニター	
留意ポイント	- ー情報処理卓上での操作の容易性 ・設定値入力，確認，起動，ゲート動作タスクの流れの中で確実に操作が出来る - ー警報表示・起動条件表示・ゲート動作表示の監視の容易性 ・機能の明確な分離／区分 ・視認性 ・装置動作機能との一致 - ー音声表示の区分 ・動作中音，システム状態表示音，警報音等の区分 - ー操作の容易性 ・操作器具と表示器具の分離／区分	この部分は（1）通常のゲート操作の半自動操作と共通である。
	・操作の容易性 ・操作対象と操作器具機能・配列のイメージの一致 ・操作と監視との関連・目標値を持った操作の適切化 ・操作の流れの考慮 ・指示計操作器具配列 ・目標値／現在値配列 ・機能の分離／区分 ・短時間分担操作への考慮 ・器具配列	この部分は手動操作に特有なものである。
現状での課題等	・目標値に達した時点でゲートを停止するというタスクは操作員の注意を必要とする。演習では，停止すべき開度が近い時に警報がなり，とっさに空いている左手で解除していた。この警報は訓練に特有であり機械的に解除されることが習慣化していたが，実際の状況では何らかの警報が鳴った場合（たとえそれが誤報であっても），確認と対処が要求されるのでゲート操作との両立が困難となることが予想される（ゲート操作担当者は操作に専念できればいいが，警報の内容によっては操作者が一番状況を把握しやすいということもある。） ・この実施例では偶然，警報音，操作要求音，動作中音が重なって吹鳴している時間があった。操作員によれば，	（1）通常のゲート操作の半自動操作と共通するものは省略。 B④14：00

現状での課題等 (続き)	これらの音には十分慣れており、確実に聞き分けることができるので特に不自由を感じることはない、ということであったが、いざというときに間違えたり、目の前の対応に追われて意識がせまくなっていて聞き落とししたり、応援にきた操作員がこのインタフェースに慣れていない場合に混乱したりすることもありうる。	
その他注目すべきポイント	・消費電流が瞬間的に大きくなり過ぎることを避けるために、ゲートの動作は時間をずらして行う。操作開始のタイミングの取り方としては、基本的に約10秒間隔であるが表示盤の一番上にある電流計の値も参考にする。また、現在開度が異なる場合、一定値になるのにかかる時間が異なるが、同時に終わることがないように注意する必要がある。 ・操作員は次に押すべきボタンの上に指を添えた状態で、メータの値を監視して操作に備えている。これにより、操作のタイミングの正確さを保ち、さらに操作対象と監視対象の距離が離れているために同時に見ることができないという問題点を解消している。 ・ゲート動作音は始めのゲートが動き始めてから、最後のゲートの動作が完了するまで鳴り続ける（脱着／圧着中の動作音も同様）。各ゲートの区別はできない。 ◎大抵二人で分担することになっているが、ゲートの割当は特に決まっていない。互いに相手の行為をモニターしていると考えられる。	操作の主要な部分、エラーの発生しやすい部分等

④ コンジットゲート半自動操作

コンジットゲートの半自動操作は、(1)通常時の場合と同様であるのでここでは省略する。

⑤ クレストゲート手動操作

クレストゲートの手動操作の内容は以下のとおりである（コンジットゲートの手動操作と共通する部分も多い）。

状況と目的	操作すべき時刻になったらゲートの開閉を手動で行う。	
動作の内容	・操作開始時刻の監視 ・分担及び操作順序・間隔を了解したうえでの4ゲートの順次手動開操作 ・ゲート動作表示の監視 ・開度の目標値と現在値を監視しながら目標値に達したら4ゲート順次停止操作 ・ゲート動作完了の確認	
必要な情報	時刻、ゲートの状態（目視）、現在のゲート開度、目標開度、下流側の状態	
関与する機器	↑ボタン／↓ボタン、停止ボタン、ゲート（実物）、時計、メータ、表示ランプ、動作中音、テレビモニター	
留意ポイント	（コンジットゲートの手動操作と同様である）	
現状での課題等	・コンジットとクレストの両方を操作するタスクで、クレスト担当者が「コンジットはもう動いているのか」を質問する場面があった。コンジットとクレストの担当者はほぼ背中あわせ的な位置関係にあり、互いの動きが見えにくい（コンジットが脱着中であることは実際には音でわかるとのこと）。 ・クレスト担当の操作員は、上半身だけ振り向いた不自然な体制で情報処理卓上の時計を監視していた（演習では15分ごとの操作であったが、実際には但し書き操作は定時、定間隔ではないため時刻はそれほど重視されないともいえるが）操作室内のいろいろな位置にいる人が共有すべき情報は、必要な時に簡単に見られるように見やすい場所に提示されていなければならない（特に多くの情報は人が錯綜するような緊急時）。	B④13：30 B④13：59 ※コンジットゲートの手動操作と共通するものは省略
その他注目すべきポイント	・一人の操作員が2つのゲートを担当。各ゲートの操作部間の距離はコンジットゲートよりも大きく、互いの操作状況をモニターすることはあまりない（互いの動きをある程度意識している） ・ゲートを開くときは、適当な間隔をとって、2号、3号、1号、4号の順に行うことが規則で定められている（閉じるときは逆に4号、1号、3号、2号の順となる）。 ・クレストゲートの操作卓には電流計がない。相手の操作からのおよその経過時間で動作を開始するタイミングを判断している。	※操作の主要な部分、エラーの発生しやすい部分等

⑥ 操作記録

(1) 通常のゲート操作の記録とほぼ同様であるのでここでは省略する（コンジットゲートの操作記録もクレストゲートの操作記録も、情報処理卓の位置で一人の操作員が記入している）。

以上より、環境の要因による緊急時のゲート操作（但し書き操作）の特徴は次のようにまとめることができる。

- －手動操作を行うという点で通常の操作とは大きく異なっている。
- －一人の操作員が全てのゲートを担当するのではなく、大抵の場合2人で分担をすることが基本となっている（調査した演習では、ワークステーション操作、コンジットゲート操作、記録を一人が行い、クレストゲート操作にはゲート1、2と3、4とにひとりずつ配置されている。これが基本的なパターンであるが、実際の状況によっては、苦情の処理などさまざまな業務が発生し、繁雑になる可能性もありえる。
- －ゲート操作のスタート（, ボタン）／停止ボタンを押すタイミングの取り方がポイントとなっている。

スタート：一つ目のゲートは時刻との照合である。

2つめ以降は前の操作との間隔を適切に（電流が瞬間的に大きくなり過ぎないように）をとる。

停止：目標値との照合。操作員は指をボタンに添えて準備し、メータの値を監視して、目標値に達した瞬間にボタンを押す。

- －上記のボタン操作のタイミングをとるステップにおいては、警報の発生とその対処などの他の作業の介入に弱いと思われる。

b) 機器あるいは制御系の故障

ゲート操作中に機器あるいは制御系に故障が発生した場合、異常の原因や性質によってタスクのフローは以下のように想定される。

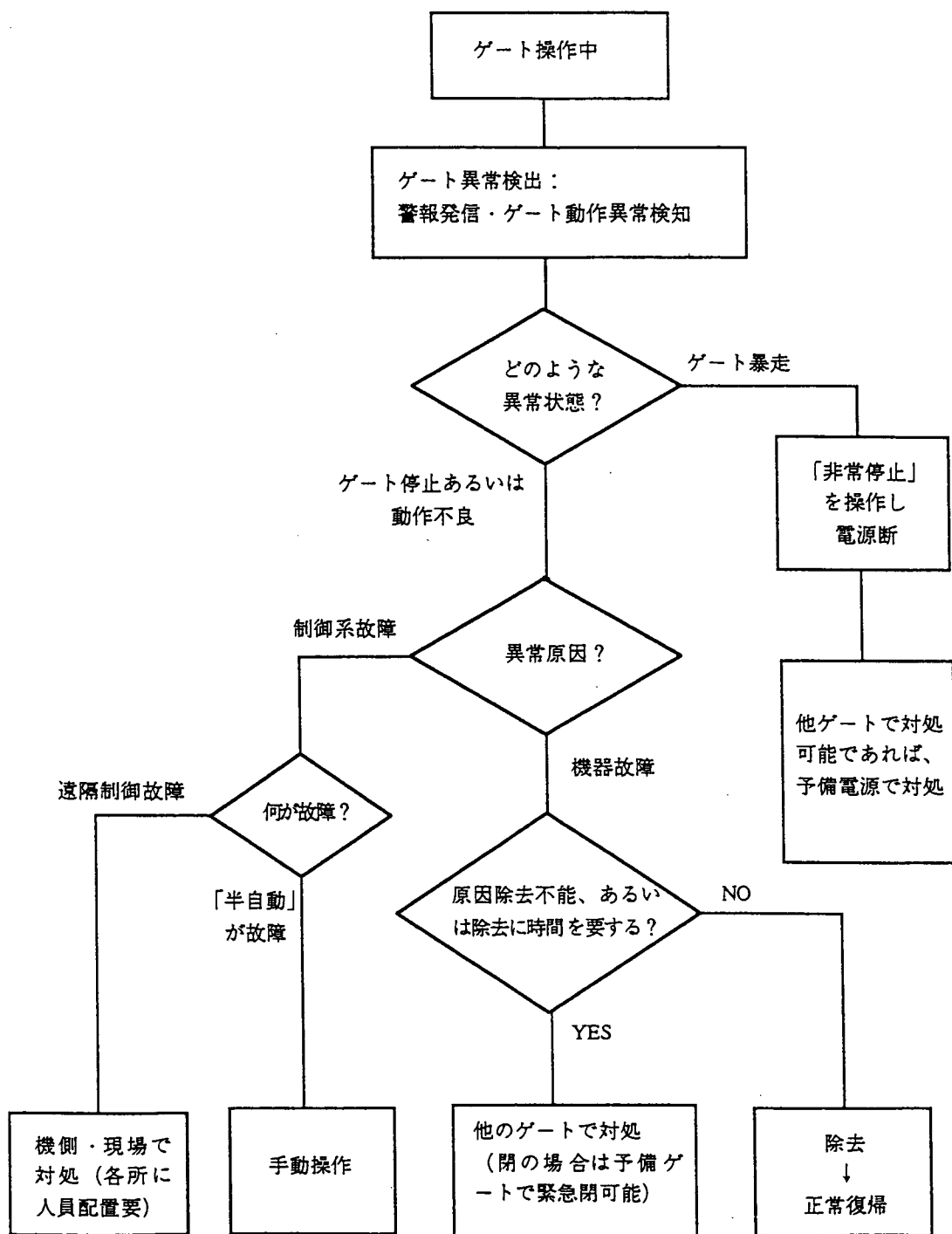


図3.2-5 機器故障等の異常時の操作フロー図

前頁のフローチャートからわかるように、故障が発生した場合、操作員には

- －異常の状態や原因を判断する
- －それぞれに応じた適切な対処方法をとる

ということを要求される。マンマシンインタフェースの設計においては、上記のフローの全てのステップがスムーズに進行されるように配慮する必要がある。以下にインタフェース上の留意ポイント及び現状での課題等を整理する。

<異常状態の検出タスク>

異常状態の検出としては、次のような判断や同定を行う。

- ・ゲート制御可能性の判断
- ・異常原因の同定
- ・機器の故障状態の同定
- ・制御系の故障状態の同定

留意ポイント	・警報表示灯の他の表示灯からの区別 ・機器・制御系の動作状態表示灯の他の表示灯からの区別 ・故障の状態がわかりやすいこと（暴走／動作不良） ・原因がわかりやすい、または追求しやすいこと（機器の故障／制御系の異常）	
現状での課題等	・警報表示灯、起動条件表示灯、ゲート動作表示灯が同じ枠の中に設置されている（混同する） ・計測制御システム／管理上の課題等： ・機器及び制御系の故障時の対応を考慮して計測点、警報点、制御系が設計されているか ・警報細則等の対応マニュアルの策定	

<対応タスク>

対応タスクとしては次のような行動が考えられる。

- ・ゲート非常停止
- ・正常な他のゲートによる対処
- ・半自動故障時の手動操作
- ・遠隔操作故障時の機側・現場操作

留意ポイント	・非常時必要な器具の区別 ・対応操作として何ができるか、何をすべきかがわかりやすいこと ・適切な対応操作が行いやすいこと	
現状での課題等	・非常停止押ボタンと他の押ボタンの区別が明確ではない ・計測制御システム／管理上の課題等： ・機器及び制御系の故障時の対応を考慮してゲート設備、制御系が設計されているか ・機器あるいは制御系故障時を含む緊急時操作要領の策定	

(2-3) その他

ヒアリングを通して緊急時タスクに関して以下のような点が指摘された。

- ・基本的に故障対応の訓練は行わず、小さなトラブルに対応する経験をつんでいくことにより対処能力を習得している（長年の経験により自然に状況把握、対応ができるようになる）。したがって、別のダムへ異動した場合、慣れるまではとまどいを感じる。また、電気、機械等の専門分野の詳細については理解しにくい部分がある。
- ・想定される故障を事典的にまとめた、素人にもわかりやすい故障診断マニュアルがあるとよい。
- ・（無線、緊急時の電話対応等を考えると）操作室は狭いと思われる。
- ・「半自動」が実行される設定条件が厳しい（いわゆる「異常」ではないのに停止してしまう）ので、実情にあわせて、設定条件を再調整している→引き継ぎをした場合特定の操作員にしか設定の内容や根拠、経緯がわかりづらい。
- ・「自動流量振り替え」（自動的に開度を決める方式）が調査対象のダム特有のものであるため、新任者にはわかりにくい。
- ・遠方操作ができないとき機側での操作となるが環境が劣悪である。キャットウォークは操作員に恐怖感を与える。

(2-4) 演習の在り方について

今回の分析に当たっては、演習時のデータ収集を行った。演習と実際のゲート操作とでは、以下の点で異なっていることがヒアリングにより確認された。

- ・貯水位諸量等の警報は訓練用データの変動に応じて生じるものであり、実際には発生しない（→訓練時は機械的にクリアすることになっている）。
- ・演習時は15分ごとに設定値を入力していたが、実際の洪水調整では、半自動操作の場合、最初に設定したらあとは15分ごとに起動ボタンを押すだけである。
- ・演習においては演習用データ作成及び計算方法の習得のために、机における計算も

頻繁に行われていたが、実際にはこれほどはなく、ダムコンのバックアップとして補助的に多め、少なめで試算してみる程度である。

- ・実際には、下流巡視、放流警報、雨量や水文データの確認を行う（もう1台のWSとクレスト左の装置を用いる）。
- ・実際には、ゲートの動きの目視確認、3箇所にあるカメラによる下流の状況の監視（確認）を行う。
- ・ゲートの圧着脱着の際の動作音になる。
- ・但し書きの操作の演習は、緊急時を想定しているが緊急時の状況的特性が盛り込まれにくい。すなわち、水位の監視をして状況を把握し、経過を予測し、対応を考えらるという重要なタスクが前提となるが、演習ではゲート操作のみを行っている。

このように、訓練と実際との違いが多く見られることの課題としては、タスクの真の実態を分析しにくいこともあるが、それ以上に、「実際に行うはずのことを行えないこと」、想定されうる状態に慣れることができないこと」を重視すべきであろう。

3.2.4 調査結果のまとめ

本調査においては、フィールド調査、資料収集、タスク分析などの調査の結果、

－作業体制について

－ゲート操作：通常タスク

緊急時のタスク

－演習

という観点からタスク特性及びインタフェース設計上のポイント、現状での問題点等を抽出した。以下では、これらの内容を抽出する過程で明らかになった点について、全体的な視点からのまとめを行う。

他の産業（各種プラントの運転、航空機の操縦等）の制御・操作タスクと比較した場合、ダム管理の通常のゲート操作の特徴は次のような点にある。

－制御すべき対象、監視すべきパラメータ、操作方法の種類が少なく比較的単純なタスク構成となっている。

－時刻を基準とした操作ではあるが、時間に追われることはほとんどなく一つの操作から次の操作までに時間的な余裕がある。

－タスク内容がルーティン化していて、規則からの逸脱や状況に応じた思考、判断などが要求されることがほとんどない。

－人手にも余裕があり、バックアップも可能である。

このような通常の操作員への作業負荷や要求事項、時間的緊迫性などの低い状況を基準として、タスク手順、マンマシンインタフェース、作業体制、演習の在り方が決められている（あるいは定められていない）のが現状である。現状では、通常のタスクにおいては人間の認知的特性、生理学的な特性に対して多少の不整合があっても、タスク遂行に余裕があり慣れによって十分に対応できるものであるために大きな問題が顕在化していない。

しかしながら、より確実で安全なタスク遂行が要求される緊急時への配慮が不足していることが懸念される。より安全なより高いパフォーマンスを実現するためには通常時だけでなく、緊急時をも重視するべきである。緊急の事態はほとんど発生しないためにそれほど考慮されていないと考えられる（演習の在り方からも伺える）。緊急時、すなわち時間的・精神的余裕がないときに、少ない人手で間違いなく効率的にタスクが遂行できる、あるいは他の支所から応援に来た慣れていない操作員にも容易に状況が把握でき円滑に操作ができるようなタスク設計、訓練、操作室レイアウト、インタフェース設計等が強く望まれる。タスク設計、ダムコンのシステム仕様から見直し、体制、役割分担、作業手順も含めた総合的な検討が必要であると考えられる。

以上をまとめると、通常時だけではなく緊急時の対応をも意識したアプローチとして、

・体制及び人員配置

- ・作業手順，操作規則
- ・ダムコンシステム仕様
- ・訓練
- ・マニュアルの整備
- ・操作室マンマシンインタフェース設計
 - －操作室レイアウト
 - －インタフェース設計（警報の在り方（音，優先など全て含む），表示灯の在り方（区分／配置等）
 - －情報の処理や提示方法（状況把握と変化の予測，対策立案のための必要なデータの収集や処理，提示などの支援の充実化）

等の見直し，検討が考えられる。

本研究ではこの中でも，操作室のマンマシンインタフェース設計の側面からの取り組みとして，設計ガイドラインへの反映を目的とするものである。すなわち，以上の調査，分析，検討を通して明らかになった，ダム用ゲート操作のタスク特性や問題点，ポイントを，昨年度作業において作成した一般的なガイドラインにあてはめることにより，ダム用ゲート操作に特化したより実用的な設計ガイドラインの作成を試みた。一般的ガイドラインを基本として，ダム用ゲート操作のマンマシンインタフェース設計ガイドラインへのタスク特性の反映や特化の方針，及び具体的な設計のガイドラインは次の3.4章において述べる。

3. 3 緊急時・異常時の操作環境を考慮したマンマシンインタフェース設計についての検討

緊急時、異常時に配慮したマンマシンインタフェース設計における留意事項を抽出することを目的として調査を実施した。

はじめに、一般的なマンマシンインタフェース設計における、緊急時に対する配慮について調査するために、緊急時の人間の認知・行動特性などに関する文献を収集し、マンマシンインタフェース設計において参考となる知見を整理した。

さらに、ダム用ゲート操作における緊急時・異常時のタスクを把握し、タスクの特性に適合したインタフェース設計の在り方を検討するための調査・検討を行った。具体的には、ゲート操作に関連する資料を収集するとともに、ダム管理所にヒアリング調査を行い、緊急時タスクの想定に関する情報を収集した。得られた情報に基づき、ゲート操作中に異常が発生してから正常な状態に回復するまでのシナリオを3とおり想定した。また、それぞれのシナリオについて機器の状態、人間の行動、タスク遂行を成功させる要因や阻害要因、必要な知識、心理的ストレス等の観点からの分析を行った。

最後に、上記の分析結果を踏まえ、異常時・緊急時を考慮してダム用ゲート操作設備のマンマシンインタフェースを設計する上で、留意すべき事項を抽出し整理を行った。

以下にその結果を示す。

3. 3. 1 マンマシンインタフェース設計手法に関する文献調査

異常時、緊急時を配慮したマンマシンインタフェースの設計における留意事項を抽出するため、緊急時に関する一般的なマンマシンインタフェースの文献調査を行い、得られた知見を整理した。

(1) 調査対象文献の概要

タスクの安全な遂行、ヒューマンエラーの低減を実現するためには、緊急時・異常時に関する検討を行うことは非常に重要であり、これまでもさまざまな分野においてさまざまな視点から調査研究がなされている。それらの研究の多くは、異常時における人間の行動や認知の状態を分析したり、モデル化を試みたりするものである。本調査業務において目的としている緊急時に関するマンマシンインタフェース設計手法について直接的に論じている研究事例は見受けられなかった。しかしながら、異常時の人間の認知・行動特性の分析結果はマンマシンインタフェース設計上の留意事項を抽出する上で非常に参考になるものであると考えられる。そこで、表 3.1 に示す5つの文献について調査を行った。

表 3.3-1 調査対象とした文献

	タイトル	著者	発行年	出典等
1	緊急時の情報処理	池田謙一	1986	認知科学選書 (東京大学出版会)
2	Human Reliability Analysis Context and Control	Erik Holnagel	1993	Academic Press
3	非常時、緊急時の人間の心理と行動 (特集 いざという時どうするか 非常時、緊急時への対応)	河野龍太郎	1992	安全 Vol.43, No.6
4	プラント運転員の緊急時における認 知過程の実験的分析	氏田博士 久保田龍治 河野龍太郎	1993	人間工学 Vol.29, No.4
5	Operational Decision making and Action Selection Under Psychological Stress in Nuclear Power Plant	D.I. Gertman, L.N. Haney J.P. Jenkins H.S. Blackman	1985	NUREG / CR- 4040

これらの文献は、「緊急時」状況及びその中での人間の特性等に関する基礎的研究、それに基づく対策に関する応用研究に大別される。

基礎的研究としては、まず、「緊急時」とはどういう状態かを考察し、その中で人間の情報処理はどのように行なわれているかを事例に基づいて分析しモデル化を試みているもの（文献1）、「緊急時」の認知過程解明を目的として「緊急時」の状況を実験のシナリオとして設定し、その中での人間の行動をモデルにより表現し、シミュレーションを行ってモデルの妥当性を確認しているもの（文献4）がある。また、文献レビューや実験に基づいて「緊急時」の人間の行動についてまとめたもの（文献3および5）、「緊急時」も含めたその場その場の状況が人間の行動を決定するモデルを提唱しているもの（文献2）がある。

一方、応用的研究では、マンマシンインタフェースや、支援、手順書、訓練、組織（管理）の在り方について具体的な形で示しているものは少なく、「緊急時」の人間の特性に関する調査結果に基づき考慮すべき事柄、注意のポイントを列挙するにとどまっている（文献3および5）。文献5は、「緊急時」を考慮した訓練プログラムの組み方についてやや具体的に論じている。

（2）「緊急時」の人間特性について

前述したように、今回調査した文献においてはそれぞれの研究目的から文献レビューや実験を行い、「緊急時」の人間の特性を抽出している。それらをまとめると、おおよそ以下のとおりである。

- ・「緊急時」は、認知的処理能力が低下し思考が固着化しやすくなる。

- －認知的な視野が狭くなり、知覚できる情報量が減少する

- （手近な情報、目に付きやすい情報しか受容できない）

- －高いレベルの認知活動、すなわち総合的な判断や複雑な思考等がし難くなる

- （経験や習慣上良く知っていること、自分にとって都合のいい解釈にとびつきそれに固執する傾向となる）

- ・その結果、不正確な操作や誤った行為をすることが多くなるが、(上記の理由で) 結果を正しく評価できないため誤った対応を繰り返し、事態をより悪化させる。

例えば、文献2「Human Reliability Analysis Context and Control」において提唱されている文脈的制御モデル (Contextual Control Model, COCOM) では、「緊急時」における人間の行動および認知特性の変化を、4つのモードにより明確に表現している。以下にこの文脈的モデルの内容を簡単に示す。このモデルの特徴は、**competence** = 能力のモデルと **control** = 制御のモデルを分離して考えている点にある。能力モデルは、状況とは無関係に存在するものである。一方、制御モデルは、能力モデルの利用すなわち行動を体系付けるものとされている。制御は、

- ・文脈 (人間が経験したこと)
- ・行為の間の依存性についての知識や経験
- ・事象がどのように展開していくのか、どんな資源が現在/今後使えるのかという予想

の影響を受け、能力のアレンジメントつまり行為のシーケンスを規定する。このような制御の度合いは状況により異なる (変化する) ものであり、高度な制御からほとんど制御出来ない状態まで連続的な次元で考えるのが妥当であるが、このモデルにおいては便宜的に次の4つのモードを区別している。

表 3.3-2 COCOM のモード区別

試行錯誤モード	次の行動の選択が予見できない。ランダム。典型的なパニック状態で、人間の認知が停止した制御無しの状態。
便宜的モード	次の制御が単に現在の文脈のみから選択される。長期的な意図やゴールではなく顕著な特徴に基づいている。このような状況下では、人間はインタフェースの特徴に支配されやすく、注意をひきつけやすいもの、経験や習慣 (類似性および頻度) の影響を受けやすい。
戦術的モード	計画、手順、ルールに基づいたパフォーマンス。ただし範囲が限定されている。便宜的モードよりも効率的でエラーも少ないがインタフェースの影響を受ける。
戦略的モード	グローバルな文脈を考えることが出来る。広い視野をもち、高いゴールを設定することができる。インタフェースの影響はうけにくい、が、不十分なサポートにより邪魔されることがある。

さらに、これらのモード間の遷移を決定するパラメータとして、次の7つが設定されている。

- ・結果の判定
- ・主観的な利用可能時間
- ・目標の数
- ・利用可能な計画
- ・事象の見通し、
- ・実行モード

ただし、これらのパラメータは独立ではなく相互に依存性あるいは因果関係をもっている。中で

も、「主観的な時間」と「実行結果の判定（成否）」が特に主要なパラメータであり、他のパラメータの状態に基づいてこの2つのパラメータの状態が決定し、それに応じてコントロールモードの遷移が起こる、という構造になっている。

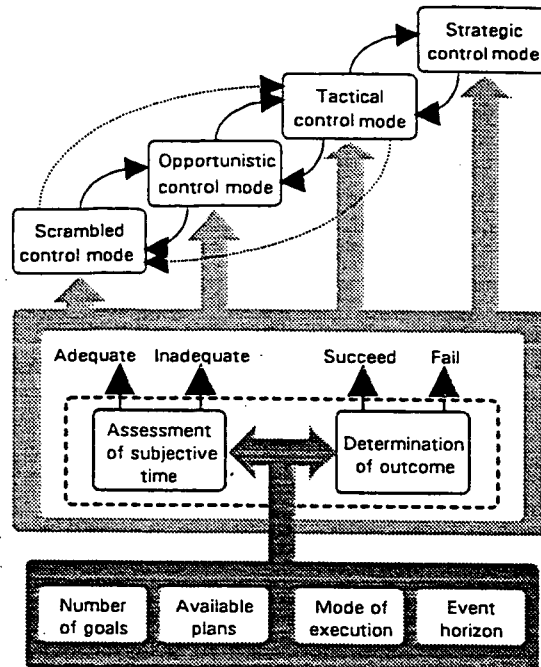


図 3.3-1 COCOM の内部構造

この文献では、各モードにおける人間行動の特徴の記述の中に、マンマシンインタフェースの影響をうけやすいか否かという観点があり、その中でインタフェースの在り方の重要性について触れている。マンマシンインタフェース設計の観点からは次のようにまとめることができる。

- ・ 人間は、低いモード(試行錯誤、便宜的)では能力が十分に発揮できず、エラーを起こしやすくなる。インタフェース設計の善し悪しの影響を受けやすい。
- ・ 高いモード(戦術的、戦略的)では、冷静に能力を発揮することができ、エラーが起こりにくい。インタフェース設計の影響もそれほどない。

したがってマンマシンインタフェースのあり方を考えるときには、

- ・ 低いモードでもエラーをおこさないようなわかりやすい設計となっていること
- ・ 低いモードでも確実に正しい行動ができるように導き、事態を好転させる、主観的な利用可能時間を長くすることなどにより、高いモードへ遷移できるように支援することが重要であると考えられる。

一方、文献3「いざというときどうするか」では、実験や文献調査に基づいて、「緊急時」の人間特性を踏まえたうえでのマンマシンシステムでの考慮すべき事項として7項目をあげている。それらのうち、緊急時の人間特性を示すものは、

- ・ 人間は警報や表示をそのまま見るということの理解

- ・緊急時になると人間の時間感覚は当てにならなくなる
- ・緊急時には細かな調整操作は期待できない
- ・緊急時には、人は思いがけなく大きな力が出る

であり、マンマシンインタフェース設計に関するものは、

- ・操作などの「モード」がどの「モード」かを明確にすること
- ・スイッチ ON = 所要の状態になった、というわけではない。デマンド信号でなく状態表示をすること
- ・設計者の考え方からオペレータの考え方への変換が必要

の3つとなっている。

(3) マンマシンインタフェースとして「緊急時」に配慮すべき要件について

以上の調査結果を十分に考慮したうえで、より具体的なマンマシンインタフェース設計上の留意事項として、ガイドラインへ反映するための基本的な考え方を次のように設定する。

- 異常時の振る舞いとして特殊な要素が新たに加わるのではなく、通常の振る舞いをベースとして、それが状況の厳しさを反映して先鋭化されて現れてきたもの、すなわち通常時の振る舞いの延長上に位置するものとする。
- 通常時から異常時への振る舞いの変化は、次の2つの状況変化の方向に対応して変化するものとする。

①環境の変化： 環境からの認知・行動要求の増大

要求される状況判断、対策立案、実行が難しくなる。具体的には、次のような内容である。

- ・処理すべき情報量が多すぎる
- ・未経験の対応を要求される
- ・時間的余裕が少ない
- ・制御対象への影響度が大きい

②能力の変化： 人間の対処能力の低下

人間の認知的処理能力、行動能力が低下しやすくなる。具体的には次のような内容である。

- ・認知的な視野が狭くなり、知覚できる情報の量、範囲、質が、著しく制約されてしまう
(手近な情報、目に付きやすい情報しか受容できない)
- ・高いレベルの認知活動、すなわち総合的な判断や複雑な思考等がしにくくなる。すなわち関連する知識や記憶の想起や、それらと現状を踏まえた情報の処理の量、範囲、質が、著しく制約されてしまう
(経験や習慣上良く知っていること、自分にとって都合のいい解釈にとびつきそれに固執する傾向となる)
- ・身体的緊張により、動作能力が著しく制約されてしまう
- ・その結果、不正確な操作や誤った行為をすることが多くなるが、(上記の理由で) 結果を正しく評価できないため誤った対応を繰り返し、事態をより悪化させる。

c.このことから、異常時のマンマシンインタフェースによる支援は、基本的に次の2つの方向が考えられる。

- ・状況の厳しさを緩和
- ・人間能力のバックアップ

以上をまとめると、マンマシンインタフェース設計において考慮すべき事項としては、例えばつぎような項目が考えられる。

表 3.3-3 マンマシンインタフェース設計に考慮すべき事項

異常事態の特性	MMI 設計上の配慮	具体例
<u>状況の厳しさ</u> ・処理すべき情報量が多い (①～⑥) ・未経験の対応 (①～⑥) ・時間的余裕が少ない (①～⑤) ・制御対象への影響度大 (⑥) <u>人間の能力の低下</u> ・認知的視野が狭くなる (①⑤) ・認知的処理能力が低下 (②④⑤⑥) ・身体的能力が低下 (③④⑥)	① 表示の見易さ	表示の単純化、識別性の向上、情報の整理、重要な項目・通常との差異の強調 等
	② 表示のわかりやすさ	
	③ 操作しやすさ	タスク構造の整理 必要な情報へのアクセス容易化 操作の容易化 等
	④ タスクの単純化、容易化	
	⑤ 正しいパフォーマンスの誘導	注意の喚起・誘導 手がかりの外化 適切な目標設定や行為の誘導 等
	⑥ エラーの許容	重要な入力の確認 明らかな誤りのチェック機能等

3. 3. 2 緊急時または異常事態の想定

(1) 現実の異常事態に関する調査

具体的かつ現実味のある異常事態を想定するためには、想定しうる範囲で異常事態の内容、異常事態に対応するための具体的なタスクの流れを把握する必要がある。そこで、関連する資料の収集およびダム管理所へのヒアリング等を実施した。

ヒアリングでは、それぞれのダムの特性、能力、通常のゲート操作タスクの流れ、異常事態の想定などに関する情報収集と、実際にゲート操作タスクが行われる環境の観察を行った。

(2) 異常事態の設定

資料に記載された異常時の設備の動作内容、ヒアリング調査などにより得られた異常事態への対応の想定などを参考にして、ゲート操作中に発生する異常事態(機器故障など)を3とおり想定し、それぞれの異常事態に対応するタスクシナリオを次のように設定した。ただし、シナリオは異常の発生(異常の顕在化)から正常状態への復旧までとした。

シナリオ A : ゲート開度表示の故障

シナリオ B : ゲート開操作不能 (モータ逆回転)

シナリオ C : ゲート動作異常

各シナリオの概要を以下に示す。

シナリオ A：ゲート開度表示の故障

- ①遠方操作卓においてコンジット 2 号ゲート閉操作中に、突然、表示卓上の開度表示が消える（他の表示は正常）。
- ②操作員は即座に 2 号ゲートを停止。
- ③支所内の要員全員による協議の結果、台風のため機側へ確認しに行くことは危険であると判断し、2 号ゲートをそのまま維持して 1 号および 3 号ゲートに再配分することにより、目標放流量を達成することとする。
- ④事務所をおよび盤メーカーに連絡を取り、盤メーカーに調査を依頼する。並行して、1 号および 3 号ゲートによる閉操作を続行する。ダムコンでは、開度欠測のため放流量、流入量が算出できないので電卓で計算する。
- ⑤盤メーカーの調査、修正により開度表示が復旧する。

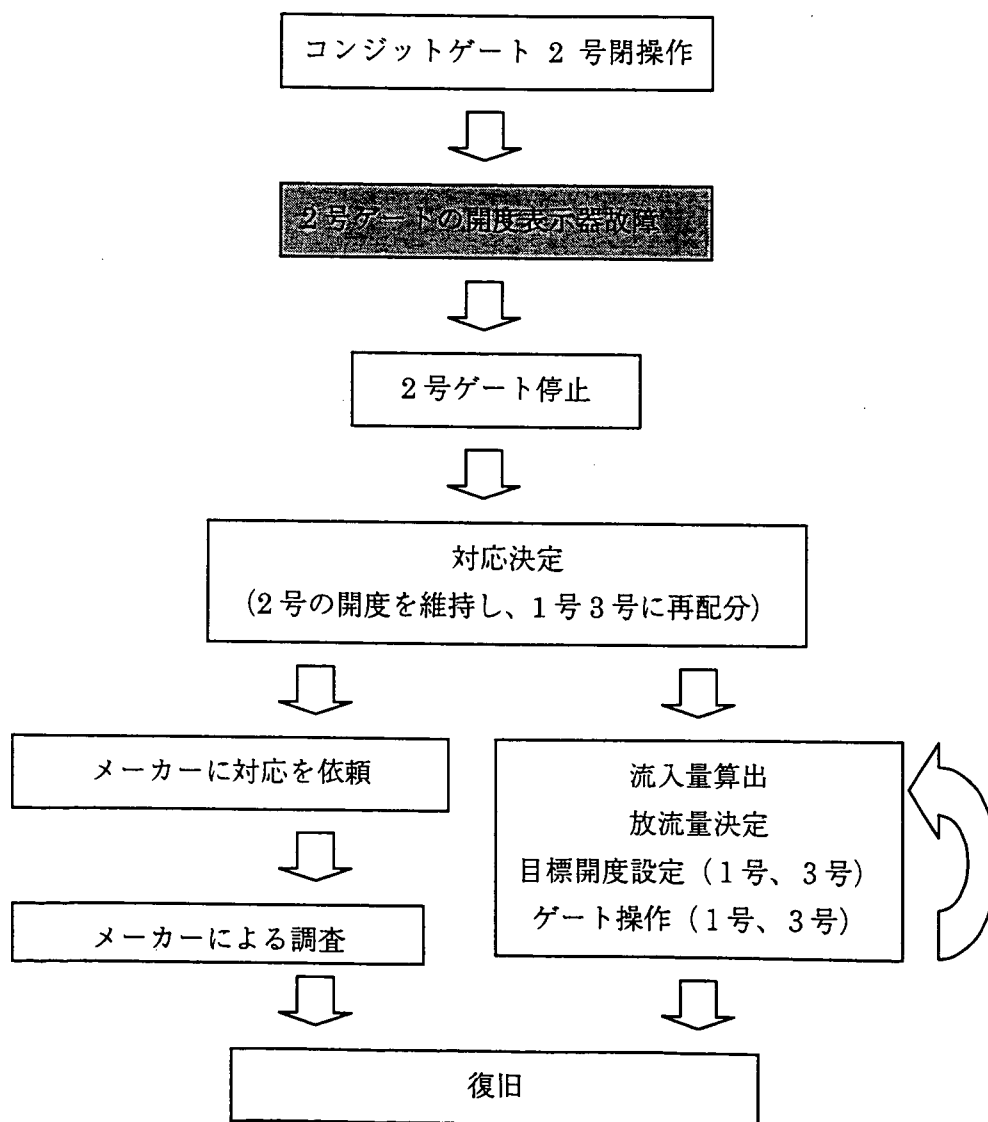


図 3.3-2 シナリオ A の流れ

シナリオ B：ゲート開操作不能（モータ逆回転）

- ①機側操作で Crest Gate を開けようとするが、開かない（2、1、3号ともに）。
- ②モータの動作、ロープの目視など状況確認の結果、モータが逆転していることが判明する。更新工事の際の結線ミスのためと考えられる。
- ③事務所に状況を報告する。施工業者に連絡して配線の直しを依頼する。
- ④施工業者による配線の修正。
- ⑤再度、放流警報を行い、放流する。

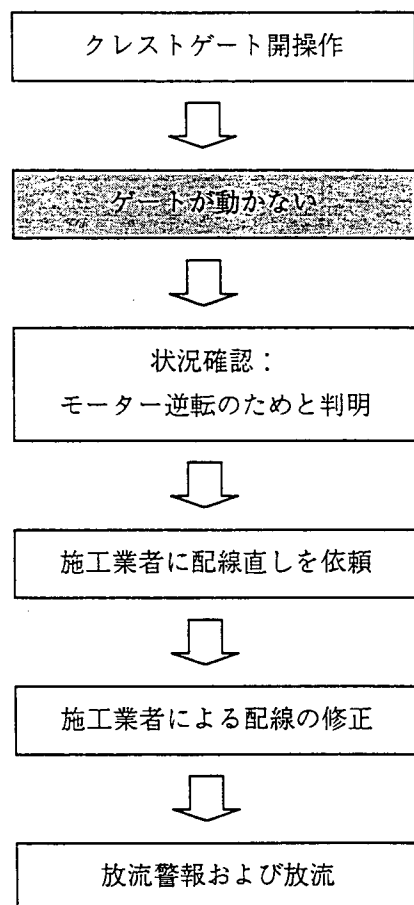


図 3.3.-3 シナリオ B の流れ

シナリオ C：ゲート動作異常

制御処理設備：①放流設備の異常状態の検知

操作員：①異常状態を確認

②異常状態に応じた制御ロック

②実行可能な放流方式の決定

③放流量の再配分

③遠方手動操作

④可能な放流区分のガイド

④緊急時の機側操作

⑤遠方手動操作、機側操作

ダム管理用制御処理設備は、ダムの管理上重要な施設であり、システムの障害や操作ミスによる

異常な動作や機能の停止並びに正常な機能まで停止させるような過剰なロックなどがないように配慮することとなっている。最新の設備でも、ゲート動作異常の場合にも、異常の状態を即時に検出して操作員へ可視可聴の警報により通報して適切な制御ロックを行い、異常状態及び対処内容の適切なガイド機能を有することとなっている。

そこで、設備の仕様に関する事例を基に、操作員（人間）と制御処理設備との役割分担と異常時の放流設備の操作処理に関して上記のシナリオについてタスク分析を行った。

この基本的な考え方に基づいたゲート動作異常時のシナリオの流れを図3に示す。

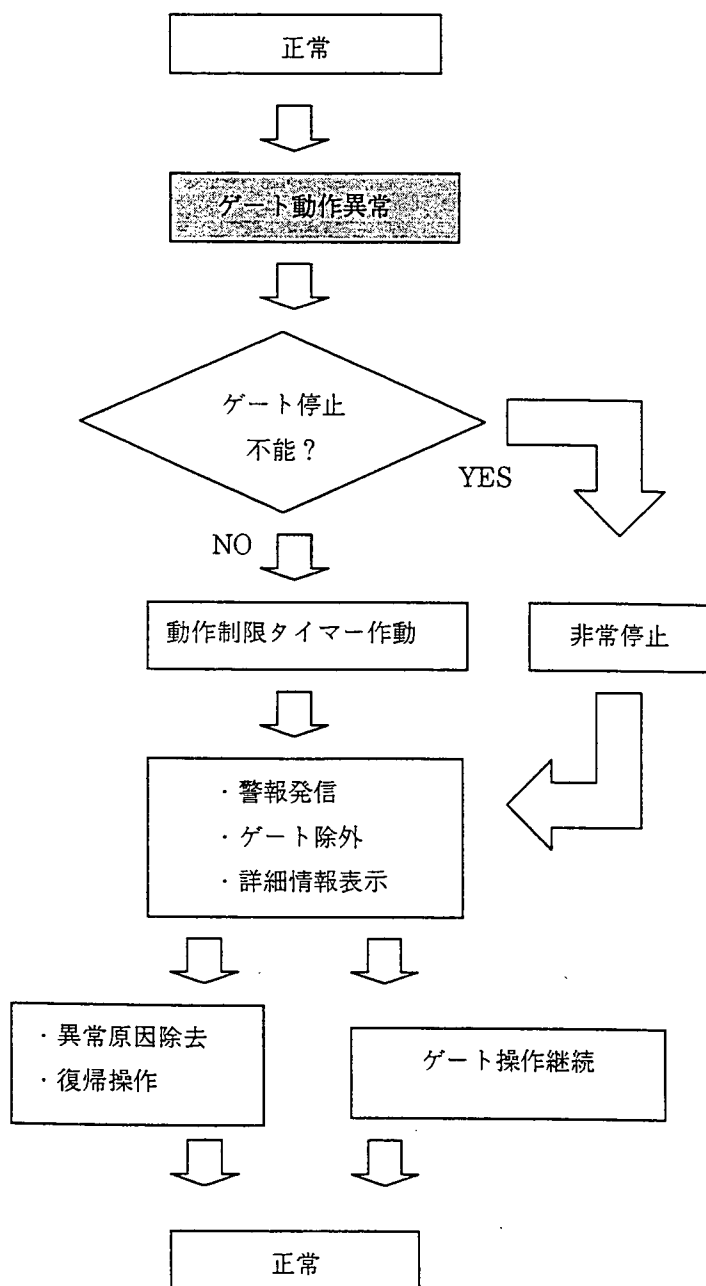


図 3.3-4 シナリオCの流れ

3. 3. 3 タスク分析

異常対応タスクを安全に遂行するための留意事項を抽出するために、上記 A,B,C の3つのシナリオについてタスク分析を行った。分析は、

①分析の視点を定め、タスク内容を体系的に考察することができるように、「タスク分析表」を作成。

②タスク分析表に記載された内容について具体的な考察を行う。

という手順で実施した。

(1) 分析表の作成

分析の視点を定め、タスク内容を体系的な考察を可能とすることを目的として、次のような考え方に基づきタスク分析表を作成した。

①はじめに、システムの状態、ゲート操作員をはじめとする関係者（要員）の用いる情報、判断、対応行動（外部との連絡も含む）等を、時系列的に図示する必要がある。このようにタスクを記述したものは一般に OSD（Operational Sequence Diagram）と呼ばれているが、特に様式が定まっておらず、目的と用途、分析対象の規模等に応じて適宜、作成するものである。

②シナリオの展開（タスク遂行）の各ステップにおいて、タスクの成否のポイントとなる次の3つの観点から、検討を行う。

- ・タスクを安全、円滑に遂行させるための要件と阻害要因
- ・タスク遂行に必要な知識と、その有無の影響
- ・操作員の心理的ストレスとその影響

以上より、分析表は以下のような構成とした。

縦軸： 時間の経過を示す（上→下）。

ただし、スケールは実際の時間の長さとは対応しない。

横軸： タスク遂行の記述（左半分）

機器の状態と人間の行動を、インタフェース及び外部との関わりとして記述する。

今回の分析は詳細なインタフェースや個々の動作に対する検討を目的としたものではないので、機器の配置や操作員の移動、詳細な行為の内容に関する記述は行わないこととし、機器設備の状態の推移とそれに対応する操作員の行動の流れに注目した。具体的には、機器設備の状態およびインタフェース、支所内の要員の行動、外部の3つの欄を設け、次のように表記した。

機器状態：楕円

人間の行為：四角形

操作員の行動に直接関係するインタフェース機器：長い円

操作員とインタフェース機器とのやりとり（情報提示、入力操作など）：矢印
外部（統合管理事務所など）との情報のやりとり：矢印

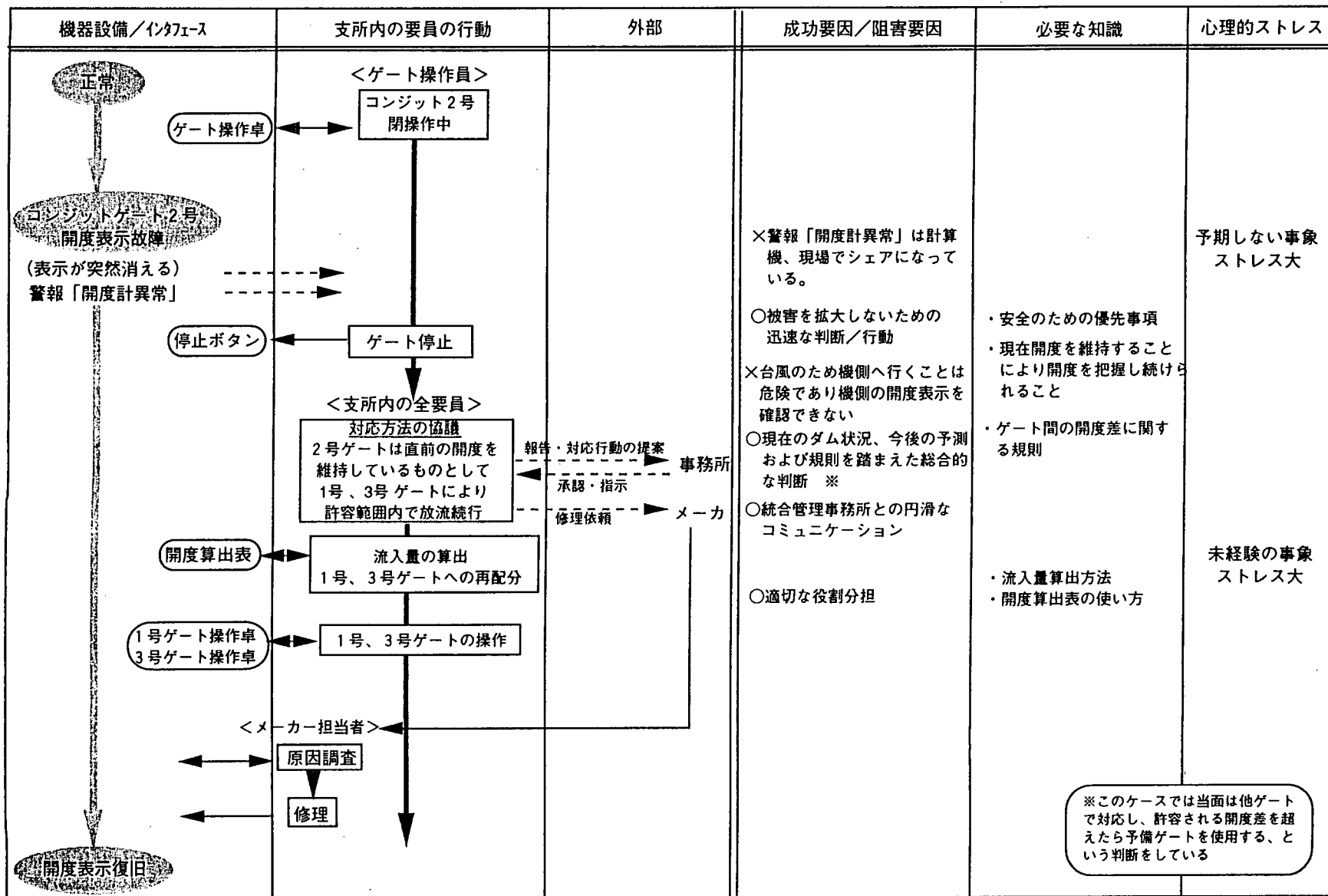
ただし、シナリオCは、ゲート異常発生時のゲート操作設備と人間との役割分担に注目したシナリオであるため、ゲート機器の状態、操作設備の動作を区別し、人間との関わり方を明確にするために、シナリオA, Bとは若干異なる形式で整理した。

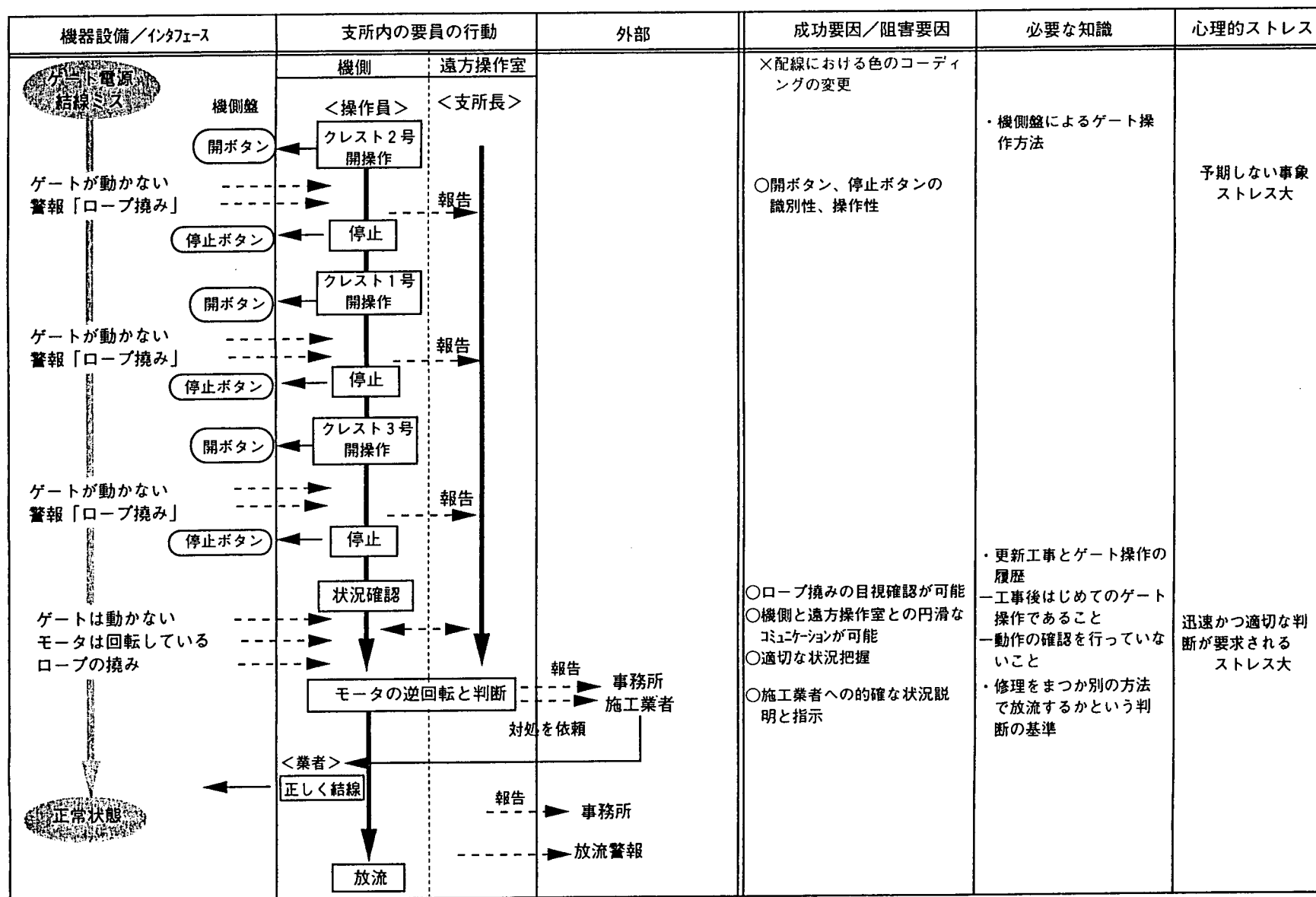
タスク分析の視点（右半分）：

タスク遂行の各ステップに対応させて、「成功・阻害要因」「必要な知識」「心理的ストレス」という3つの観点から整理するための欄を設けた。

それぞれのシナリオについて、上記の考え方にに基づき作成したタスク分析図を図 3.3.5 ～図 3.3.7 に示す。

図 3.3-5 シナリオAのタスク分析図





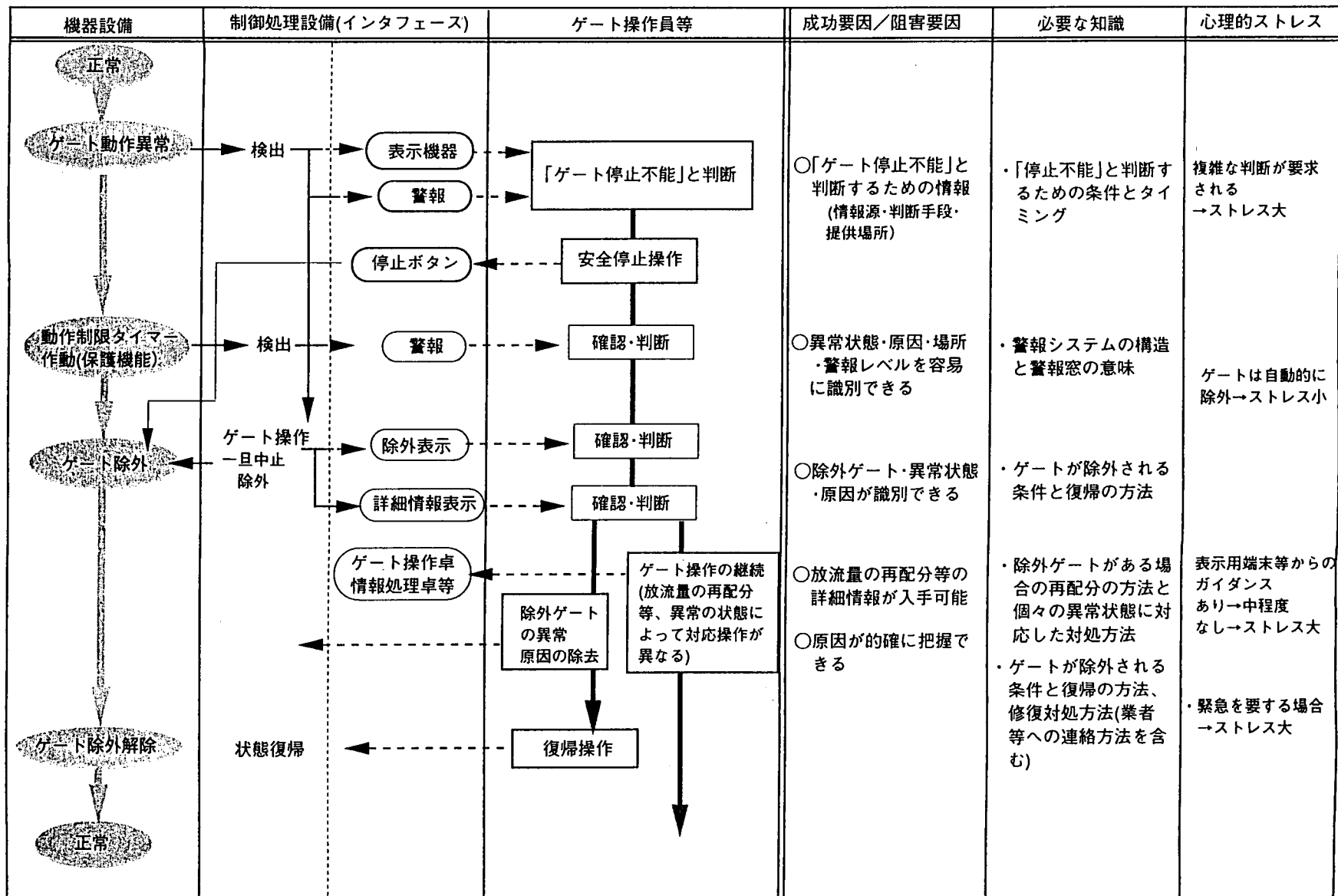


図 3.3-7 シナリオCのタスク分析図

(2) タスク分析表に基づく考察

分析結果として、シナリオの各ステップにおいて、タスクを円滑に遂行させる要因（＝成功要因）と阻害要因、必要な知識、心理的ストレスに関するポイントを図 3.3-5 ～図 3.3-7 中に記載した。以下に、その内容について考察を行う。

シナリオ A について

- ・ 現場と計算機からの信号が警報をシェアしている

複数の信号が 1 つの警報をシェアしている場合、その警報が鳴ったときにどの条件が発信させたのかがわからず、状況を直接把握できないのは問題である。信号と警報が 1 対 1 で対応していることが警報設計の原則である。

- ・ 操作員が瞬時の判断でゲート停止ボタンを押す

これは、このシナリオにおいて注目すべき点のひとつである。動作中のゲートの開度表示が突然消えてしまうという予測不能な事態が発生し、操作員がとっさの判断で反射的に停止ボタンを押す、という部分である。即座に停止せずしばらく様子を見るという対応も考えられる。また、表示計の異常が瞬間的なもので次の更新時には自然に回復する可能性もある。しかし、ここでは危険の拡大を防ぐためにとりあえず停止するというのがもっとも安全な手段である。まったく予期しない事象がおきて、大きな心理的ストレスがかかった状態でありながら、停止ボタンを押す、というもっとも適切な行為を想起できたこと、即座に目的のボタンを見つけ、確実に押すことができたこと、これらがタスクを成功させる重要な要因となった。すなわち、言い換えれば、

「ゲート操作員が停止ボタンの意義、重要性を知識として知っており、かつそれを自然な感覚として身につけていること」

「停止ボタンがわかりやすく押しやすく設計されていること」

が重要であることがわかる。

- ・ 悪天候のため、機側に確認しに行くことができない

これも非常に重要なポイントであると考えられる。機側では、機器そのものの目視をはじめ、さまざまな計器を直接確認できる。しかしながら、現状では遠方操作室で得られる情報は限定されており、しかも得られるように設計されいてもケーブルの断線など物理的な障害によって入手できない状況になりうるため、機側(必要な情報)へのアクセスの確保が必要である。すなわち、

「必要な時には必ず機側に行けること」

あるいは、

「機側の情報をさまざまな形で（複数の手段で）モニターできること」

が必須である。例えば、このシナリオにおいても、ゲート操作員がとっさにゲートを停止しなかったら、2 号ゲートの開度を把握する手段がなくなってしまう。また、開度表示回復に手間取り、1 号ゲートと 3 号ゲートの開度操作だけでは目標放流量と一致させることができない、さらには予備ゲートの故障など、機側の開度表示を見ながら 2 号ゲートを操作しなければならない状況も想定さ

れる。そのような場合、何らかの方法で機側の情報にアクセスする手段が確保されていなければ対応できない。

- ・現状、今後の予測、ゲート操作規則を踏まえた総合的判断

適切な対応行動を決定するためには、現状を的確に把握し、今後の推移を正しく予測し、関連する操作規則を想起して、これらを総合的に判断する必要がある。現状把握や予測には、必要な情報が容易に利用しやすい形で得られること、および豊富な知識と経験が重要である。また、規則の想起には、通常時からの認識が重要であるが、必要に応じて、容易に検索できるシステムなどによる支援も有効である。

- ・統合管理事務所との円滑なコミュニケーション

異常発生時には、ダム現場の詳細な状況を統合管理事務所に伝え、事務所からの判断・指示を受ける必要があり、即座に種々の情報を交換しなければならない。B 伝達される情報の内容に応じた、適切かつ確実な経路・手段が備えられていることが重要である。

- ・開度の再配分や流入量の計算などを適切に分担して遂行している

支所内の要員が適切に分担し、通常経験しない、開度の再配分や電卓による流入量の算出というタスクをスムーズに実行している。通常時から、支所長のリーダーシップやメンバーの円滑なコミュニケーションを保っておくこと、全員がそれぞれの担当に応じて、計算機に頼らないゲート操作に最低限必要な知識を身につけ、実践しておくことが重要である。また、訓練や類似の経験により、未経験の事態に遭遇した場合の心理的なストレスを低減することができる。

シナリオ B について

- ・機側盤による操作

機側盤は、遠方操作室の操作盤に比べてシンプルな構造になっている。また、周囲には関連する情報が多数提示されている。機側盤で操作する場合は、必要な表示、必要な操作がまぎらわしくなく、わかりやすいインターフェースとなっていることが望まれる。特に、何らかの異常発生時など、急な判断や操作を要求されるような場合は、わかりやすさ、識別性が重要な要因となる。

機側で操作を行う場合のメリットとしては、機器の動作状態を直接目視で確認できることである。

このシナリオにおいても、警報「ロープ撓み」を確認する場合に、実際にロープが撓んだ状態を目視することができ、警報の誤りではないこと、撓みの程度などが把握できる。したがって、遠方操作室でのゲート操作を行う場合には、このような機側操作のメリットをできるだけ取り入れられるような工夫が望まれる。

- ・機側と遠方操作室とのコミュニケーション

機側－遠方操作室間の相互の情報伝達手段が確保されていることが重要である。このシナリオのように予期しない異常が発生した場合、機側のゲート操作員が単独で冷静に大局的な状況を把握し、適切な対応をとることは非常に困難である。遠方操作室と緊密なコミュニケーションを維持することにより、心理的ストレスの緩和、複数の視点からの状況把握、より多くの知識に基づく判断など

が可能となる。現状では情報伝達手段は内線電話であるが、例えばテレビカメラなどを併用して両者がより多くの情報を共有することにより、問題解決を容易化することが考えられる。

- ・適切な状況把握と指示

このシナリオでは、ゲートが動かない原因はモーター逆回転しているためであり、モータの逆回転は配線のミスが原因であることがはやい段階で特定されている。この判断は、ゲートやモータなどの機器の状態などの直接的な情報のみによるものではなく、最近更新工事を行ったこと、工事終了後はじめてのゲート操作であり、これまでに動作の確認を行っていない、といった背景事情を踏まえての判断である。配線のミスであることがわかれば、適切な相手（施工業者）に適切な指示(配線のやりなおし)を出すことが可能である。すなわち、背景となる事情を踏まえて、状況を解釈することにより、本質的な異常の原因を推定することができる。そのことにより、もっとも適切な対応策をとることができ、復旧の見通しがたてやすくなる。したがって、背景事情を想起できるようにすることが重要である。例えば、関連情報の提示、コミュニケーションの促進など。

- （・配線における色彩コーディングの変更）

ゲート操作タスクには直接関連しないが、このシナリオの事象の原因となった、更新工事の際に発生したゲート電源の結線の誤りについて考察する。現在のモータの配線は赤・白・青の順が標準となっているのに対して、当該のモータは古いもので青・白・赤の順となっていたために、逆に結線してしまったというものである。すなわち、はじめに設計されてから更新されるまでの間に、配線における標準の色彩コーディングが変更され、順序がちょうど逆転したこと、また、そのことが十分に周知徹底されていなかったことが原因であると考えられる。コーディングはできるだけ変更せず一貫性を持たせなければならない。やむを得ず変更が必要な場合には、確実に周知徹底し、いざというときに想起できるように外化しておくべきである。

シナリオ C

- ・非常停止タスク

非常停止は、操作員の判断によってなされなければならない、「ゲート停止不能」と判断するための情報が成功のための要因と考えられる。必要な情報が、適切な場所（容易に監視できる場所）に、出来れば判断手段を伴って提供されることが必要である。

- ・警報状態の確認タスク

警報は多様であり、それらの警報の識別が大事である。警報によって、異常の状態、その原因、異常の発生場所、警報のレベル（緊急度）等が明確に判る必要がある。

- ・ゲート操作除外の確認タスク

ゲート操作除外は自動でなされるため、除外されたゲートの識別、そのゲートの異常状態、原因を把握することが重要である(このことは、後のタスクである除外ゲートの異常原因除去にも必要である)。自動で行われる操作の内容が、確実に操作員に伝達されていないと、操作員が現在のシステム状態を把握できないため、適切な行動をとることができない。したがって、自動化された

タスクは、操作目的、操作対象、操作内容、進行状況、操作結果などを操作員がモニターできなければならない。

・ゲート操作の継続のタスク

異常なゲートが自動的に除外されるため、ゲート操作の継続のためには放流量の再配分等の対応操作が必要になり、異常の状態によって対応操作が異なる。従って、放流量の再配分等の対応操作においては、これらに関する詳細情報の有無が成否を分ける可能性が高い。設計としては、表示用端末装置等でガイダンスを提供されることになっている。

・除外ゲートの異常原因除去タスク

原因が的確に把握され、外部との連絡、業者への依頼等の迅速で適切な処置が必要である。原因の把握のためには、前述したような自動的になされたゲート除外のロジックを理解することが必要である。

・復帰操作タスク

異常の状態によって復帰の操作が異なるため、それぞれの状態に対応する適切なガイドが望ましい。

(3) まとめ

上記3つのシナリオに対する分析結果についてのまとめを以下に示す。

①タスクを安全、円滑に遂行させるための要件と阻害要因

3つのシナリオを概観すると、タスクの成功要因として重要な項目は、次のようにまとめることができる。ただし、成功要因と阻害要因は互いに裏返しの関係にあるので、ここでは成功要因のみを列挙する。

＜マンマシンインタフェースに関連する要因＞

- ・重要な操作機器はわかりやすく目立つこと
- ・操作機器が操作しやすいこと
- ・機側盤のインタフェースについても同様に配慮されていること
- ・必要な表示が適切な場所に判断基準とともに提供されること
- ・警報は、異常の状態、原因、発生場所、緊急度などが明確にわかること

＜情報へのアクセスに関する要因＞

- ・必要な情報にアクセスできること
(例えば、機側でなければ得られない情報については、機側への物理的なアクセス手段を確保したり、遠方操作室からもモニターできるようにする。また、適切な対応行動を決定するために、ダム現状や今後の推移予測などに必要な関連情報がわかりやすい形で提供される、など)
- ・異常の原因診断に関連するゲート設備に関する背景情報(更新工事、ゲート操作の履歴など)は、得やすく、想起しやすくすること
- ・自動化されているタスク(ゲート除外タスクなど)は、操作員が状況(除外されたゲートの識別、異常の状態、原因など)を把握できるように情報を提示すること

＜コミュニケーションに関する要因＞

- ・ 役割分担や共同作業におけるコミュニケーションが円滑に行われること
- ・ 機側と遠方操作室との情報伝達手段を確保すること
(その際にできるだけ多くの情報を共有できるようにすること)
- ・ 外部(管理事務所やメーカーなど)との連絡手段を確保すること

②タスク遂行に必要な知識と、その有無の影響

3つのシナリオにおいて、タスク遂行の鍵となる必要な知識としては以下のものが抽出された。

- ・ ゲート操作設備に関する知識
(自動制御、警報システム、流量計算、ゲート除外のロジックなど)
- ・ ゲート操作方法
- ・ 状況判断、安全性に関する知識
- ・ 放流量などの計算方法に関する知識
- ・ 設備の背景事情(更新・保守・修繕・整備点検の履歴など)に関する知識

これらの知識が欠如した場合、誤った判断、誤った操作などにより大きな事故につながる可能性がある。また、適切な知識がないために、即座に判断・行動ができずタイミングを逃して事態を悪化させる可能性もある。したがって、

- ・ 操作員ひとりひとりが役割を果たすのに必要な知識を確実に身につけていること

が重要である。しかしながら現実には、新任であるために知識や経験が不十分である場合や、強い心理的なストレスのもとで持っている知識を想起できないという場合も想定される。そのような場合を考慮すると、

- ・ ガイダンス表示などにより適切なタイミングでその状況において必要とされる知識を提供したり、想起させる
- ・ コミュニケーションの支援により間接的に提供する

などの対策が必要であると考えられる。

3) 操作員の心理的ストレスとその影響

ダム用ゲート操作中のゲート故障において心理的ストレスを与える状況としては、時間圧、結果の重大性、不慣れな作業、経験したことのない状況などがある。これらが存在した場合、誤判断、誤操作が発生し、致命的な状況になりうる。したがって、ストレス緩和のための対策が必要である。対策としては、例えば次のような項目が考えられる。

<通常からの対策>

- ・ 訓練、知識、経験を貯えておくこと。

<異常事態における支援>

- ・ 豊富な知識と経験をもち的確なアドバイスを与えるベテラン操作員の存在
- ・ ベテランの役割を果たす、対応マニュアルやガイダンスシステムの整備などインタフェースによる支援
- ・ 支所内のメンバーとの円滑なコミュニケーション

3. 3. 4 マンマシンインタフェース設計上の留意事項のまとめ

前述の文献調査及びタスク分析の結果を整理して、異常時を考慮したマンマシンインタフェース設計における留意事項をまとめ、ガイドラインに反映した。

文献調査からは、一般的な異常状態における人間の状態変化、環境の変化に基づく留意事項が抽出された。

タスク分析からは、ダム用ゲート操作における具体的な異常事象への対応タスクに基づいて、よりタスク内容に対応した留意事項が得られた。それぞれを以下にまとめる。

(1) 文献調査より得られた留意事項

一般的な緊急時・異常時におけるマンマシンインタフェース設計の留意事項を抽出するために、文献調査を行った。3.1.1 で述べたとおり、直接、マンマシンインタフェース設計に結びつく項目は得られなかった。しかしながら、緊急時・異常時の人間の認知・行動特性に関する知見を整理した結果、緊急時タスクの特徴として、

- ・ 環境からの認知・行動要求の高次化
- ・ 人間の対処能力の低下

の2つの側面が明らかになった。これを踏まえたマンマシンインタフェース設計の考え方としては

- ・ 状況の厳しさの緩和
- ・ 人間の能力のバックアップ

の2つの方向性が見出された。この考え方に基づく具体的な方策としては、例えば次のような項目

が考えられる。

表 3.3-4 MMI 設計の適合性向上のための具体的方策

状況の厳しさの緩和	
表示の見易さ わかりやすさ 操作しやすさの向上	表示の単純化 識別性の向上 情報の整理 重要な項目・通常との差異の強調 等
タスクの単純化、容易化	タスク構造の整理 必要な情報へのアクセスの容易化 操作の容易化 等
人間の能力のバックアップ	
正しいパフォーマンスの誘導	注意の喚起・誘導 手がかりの外化 適切な目標設定や行為の誘導 等
エラーの許容	重要な入力に対する確認機能 明らかな誤りのチェック機能

(2) タスク分析より得られた留意事項

ダム用ゲート操作における具体的な異常事象への対応タスクを分析し、安全かつ円滑なタスク遂行の成功・阻害要因、必要な知識、心理的ストレスについて考察した。その結果得られた、ダム用ゲート操作盤のマンマシンインタフェース設計において留意すべき事柄は次の5つに分類できると考えられる。

- a. 盤面に設置される表示機器・操作機器の形状や配置に関する項目
- b. 提供される情報や操作手段に関する項目
- c. a と b の両方に関連する項目
- d. コミュニケーション支援に関する項目
- e. ガイダンス機能に関する項目

それぞれの内容について、以下に示す。

a. 盤面に設置される表示機器・操作機器の形状や配置に関する項目

- ・ 重要な表示機器・操作機器はわかりやすく目立つこと
- ・ 操作機器が操作しやすいこと

b. 提供される情報や操作手段に関する項目

- ・ 適切な対応行動を決定するために、ダム現状や今後の推移予測などに必要な関連情報がわかりやすい形で提供されること
- ・ タスク遂行に必要な情報に必ずアクセスできること

(例えば、機側でなければ得られない情報については、機側への物理的なアクセス手段を確保する。または、遠方操作室からも表示パネル・カメラ画像などにより、詳細な情報が得られる。)

- ・自動化されているタスク（ゲート除外タスクなど）は、操作員が状況（除外されたゲートの識別、異常の状態、原因など）を把握できるように情報を提示すること
- ・異常の原因診断に関連するゲート設備に関する背景情報(更新工事、ゲート操作の履歴など)は、得やすく、想起しやすくすること

c. a と b の両方に関連する項目

- ・タスク遂行に必要な表示が適切な場所に判断基準とともに提供されること
- ・警報は、異常の状態、原因、発生場所、警報レベル（緊急度）などを適切なコーディングにより明確に示すこと。
- ・ゲート操作除外情報（除外されたゲート、除外の原因と状態等）はわかりやすくまとめて表示すること
- ・b にしたがって、操作盤より提供する情報を充実化させる場合には、盤面の情報を整理してみやすくし、詳細情報は必要に応じて容易に参照できるようにすること。

d. コミュニケーション支援に関する項目

次の目的のコミュニケーション用機器を充実させること

- ・役割分担や共同作業におけるコミュニケーションが円滑に行われること
- ・機側と遠方操作室との情報伝達手段を確保すること
(その際にできるだけ多くの情報を共有できるようにすること)
- ・外部（管理事務所やメーカーなど）との連絡手段を確保すること

e. ガイダンス機能に関する項目

ゲート異常発生時には、異常診断・対応手順等のガイダンスを表示し、適切なタイミングでその状況において必要とされる知識を提供したり、想起させることが有効である。例えば、次のような内容が考えられる。

- ・ゲート操作除外時に、表示用端末装置等で提供される放流量の再配分等のガイダンスが明確に表示される。
- ・ガイダンス提供が出来ない状態では、関連情報のみを提供し、その旨表示する。

補足事項)

操作盤のマンマシンインタフェース設計とは直接関係しないが、タスク分析を通して抽出されたその他の留意事項について、以下に再掲しておく。これらはいずれも安全かつ円滑にタスクを遂行する上で重要なものである。

- ・機側の情報への物理的なアクセスしやすさ（キャットウオークの安全性など）
遠方操作室に比べて機側ではより多くの情報を確実に入手できるため、最終的な状況判断は機側での目視確認により行われている。したがって、どのような悪天候であってもいざというときには確実に機側に直接行くことができるように、キャットウオークの安全性を確保しておくことが重要である。

- ・機側盤インタフェースの改善、環境改善

重要な局面では機側での状況確認や操作が行われるため、機側での情報収集、解釈、操作には高い信頼性が要求される。したがって、機側でのタスクが円滑に遂行できるように作業環境（空間、明るさ、温熱など）および表示機器・操作機器のインタフェースのわかりやすさ、操作しやすさには十分配慮する必要がある。

- ・訓練、経験の充実

異常事態が発生したとき、日ごろから蓄積された知識や経験がとっさの判断・行動に影響する。

また、通常体験しないような局面にあっても、基本的で本質的な知識があれば適切に応用することができる。また、そのような知識や経験をもっていれば、異常発生時にも必要以上に動揺することなく、冷静に事態に対応できる、すなわち心理的なストレスの影響も緩和される。したがって、訓練や経験は非常に重要であり教育・訓練のプログラムも十分に検討されたものでなければならない。

- ・異常時対応マニュアルの整備

ゲート操作自体がそれほど頻繁に行われるものではなく、さらに現実には異常事態はほとんど発生しない、頻繁に異動があるなどの理由により、操作員が経験をつむチャンスがなく、十分な知識や経験をもたない状態で異常事態を迎えることも想定される。このようなときに、長い経験をもち、ダムの特性を熟知しているベテラン操作員が重要な役割を果たすが、ベテラン操作員は年々減少する傾向にある。ベテランの支援が得られず、経験の浅い操作員が対応をせまられる状況では、どうしていいかわからず心理的なあせりを伴って適切な判断・行動がより困難になる。このような場合に、上述したeのガイダンス機能あるいは、文書の形式での対応マニュアルが整備されていることが望ましい。ただし、適切な対応の手順は、ダムにより、また、発生した異常の内容により異なるものであるため、一般的な対応マニュアルでは不十分である。

したがって、基本的な異常状態と対応の枠組を系統的に設定し、個々のダムで条件にあわせて詳細な内容を作成していくなどの工夫が必要である。

本項のタスク分析で抽出した緊急時・異常時のタスクを考慮したマンマシンインタフェース設計の留意事項について、まとめたものを表 3.3-5 に示す。

表 3.3-5 タスク分析により抽出したMMI設計の留意事項

抽出されたマンマシンインタフェース設計の留意事項	ガイドライン(案)項目
表示機器・操作機器の形状や配置に関する項目	
・重要な表示機器・操作機器はわかりやすく目立つこと	3.2.2D(2), 3.6.2A(4)
・操作機器が操作しやすいこと	3.2.1(1)
提供される情報や操作手段に関する項目	
・適切な対応行動を決定するために、ダム現状や今後の推移予測などに必要な関連情報がわかりやすい形で提供されること	3.1.2A(1), 5.1.2A(1)
・タスク遂行に必要な情報に必ずアクセスできること (例えば、機側でなければ得られない情報については、機側への物理的なアクセス手段を確保する。または、遠方操作室からも表示パネル・カメラ画像などにより、詳細な情報が得られる。)	3.1.1(2), 3.1.2A(1)
・自動化されているタスク(ゲート除外タスクなど)は、操作員が状況(除外されたゲートの識別、異常の状態、原因など)を把握できるように情報を提示すること	3.1.2A(2)
・異常の原因診断に関連するゲート設備に関する背景情報(更新工事、ゲート操作の履歴など)は、得やすく、想起しやすくすること	3.1.2A(1)
表示機器・操作機器の形状・配置と内容に関連する項目	
・タスク遂行に必要な表示が適切な場所に判断基準とともに提供されること	3.1.2A(1), 3.1.2B(3) 3.1.3(1)
・警報は、異常の状態、原因、発生場所、警報レベル(緊急度)などを適切なコーディングにより明確に示すこと。	3.3.1(4)
・ゲート操作除外情報(除外されたゲート、除外の原因と状態等)はわかりやすくまとめて表示すること	3.1.3(2)
・操作盤から提供される情報量を追加する場合には、盤面の情報は整理してみやすくし、詳細情報は必要に応じて容易に参照できるようにすること	3.1.3(2)
コミュニケーション支援に関する項目	6.1
ガイダンス機能に関する項目	6.2
エラーの許容	6.3

3. 4 ガイドライン（原案）の検討

3. 4. 1 ガイドライン（原案）作成にあたっての検討の流れ

ガイドライン（原案）検討の流れを図3.4-1に示す。

本検討では、他設備のマンマシン設計指針等の中から抽出した一般的事項を基に、マンマシン設計ガイドライン（素案）を作成し、それを基に、3. 2項及び3. 3項でまとめたダム用ゲート操作タスクに基づいたマンマシンインタフェース設計上の留意事項を反映することでとりまとめを行った。それぞれの検討及びその結果は3. 1項、3. 2項及び3. 3項に示した通りである。

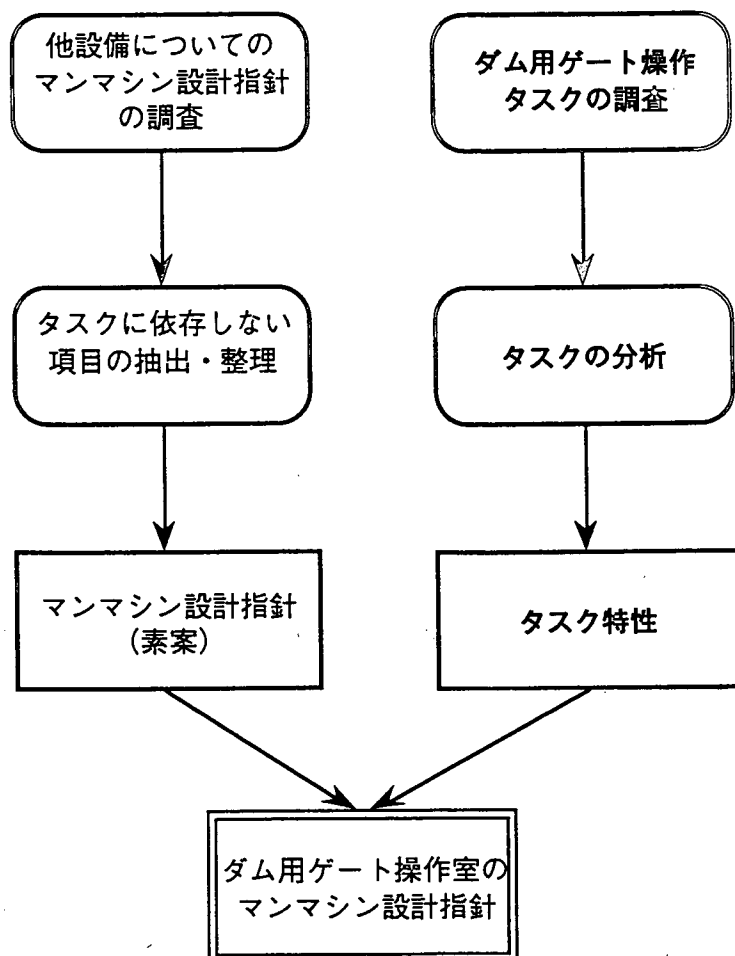


図-3.4-1 マンマシン設計ガイドライン（原案）検討の流れ

3. 4. 2 ガイドライン（原案）の枠組みの設定

3. 4. 1項で整理した内容を踏まえて、ガイドライン（原案）の枠組みを設定した。手順としては、まず設計対象をできるかぎり一貫した考え方に基づいて分類し、次にそれぞれの区分の扱う内容を検討した。

（1）設計対象の区分

設計対象の区分は、基本的にできるだけハード的に構成要素でわけることとし、大きな区分から徐々に細分化するという方針で行った。はじめに、制御室を構成する主要な要素として、監視・制御盤、CRT、グラフィックパネルの3つを想定し、レベル1の区分を次のように設定した。

レベル1 : [1] 監視・制御盤

[2] CRT

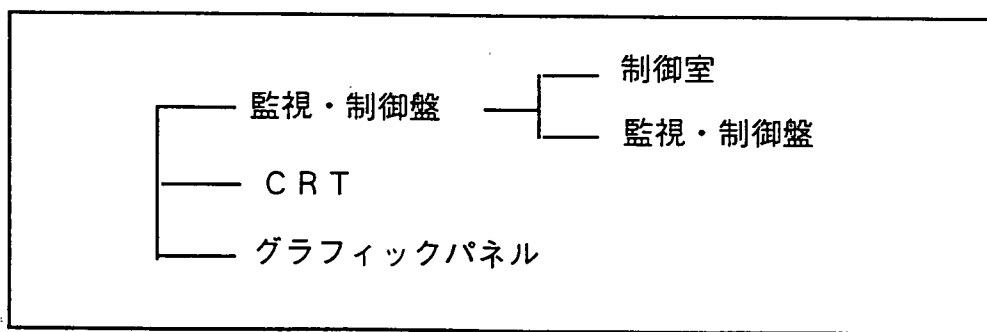
[3] グラフィックパネル

ただし、制御室全般の設計に関する指針も必要であるため、盤そのものの設計指針と区別して、便宜上、[1] 監視・制御盤を、

[1. 1] 制御室

[1. 2] 監視・制御盤

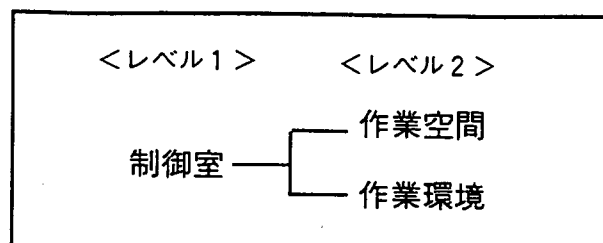
にわけた。レベル1の構成を以下に示す。



それぞれの区分においては以下のように細分化を行った。

[1. 1] 制御室

制御室の設計としては、制御室を構成する機器の形状や配置に関する項目に加えて、制御室全体としての環境条件に関する項目を設定する必要がある。そこで、前者を「作業空間」、後者を「作業環境」として別々に扱うことにした。これをレベル2の分類とする。



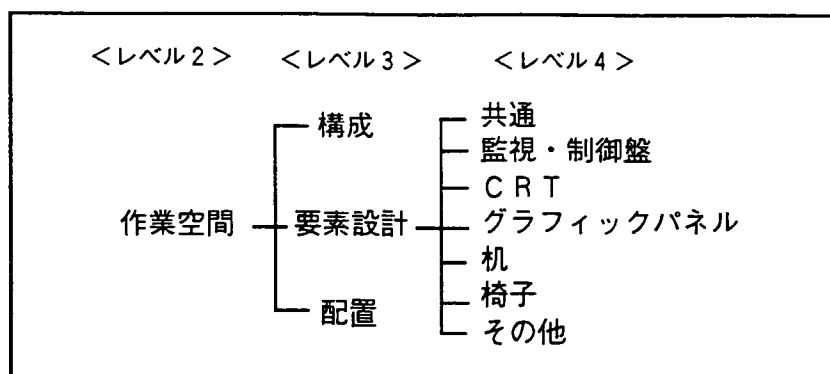
「作業空間」については、

- どのような機器を備えるべきかという構成の問題
- それらの機器がどのような形状・寸法をもつのが最適かという形状の問題
- それらをどのように配置するべきかという配置の問題

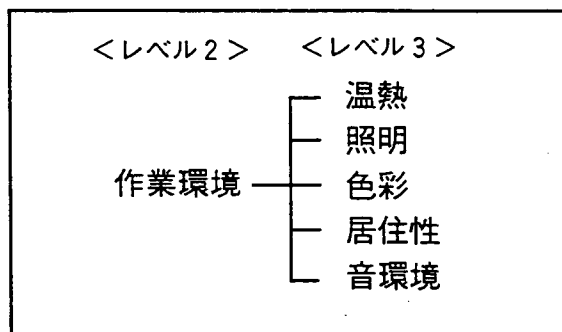
を考える必要がある。これらに対応する区分として、レベル3：「構成」「要素設計」「配置」という見出しを設定し、これをレベル3とした。この中で「要素設計」については、監視・制御盤、CRT、グラフィックパネル、机、椅子など要素が想定されるので、これらの区分をそれぞれ、

レベル4：「監視・制御盤」「CRT」「グラフィックパネル」「机」「椅子」「その他」

と設定した。ただし、これらの要素間に共通する基本的な項目（例えば、人体寸法に適合している等）はひとつにまとめ、「共通」として設定した。

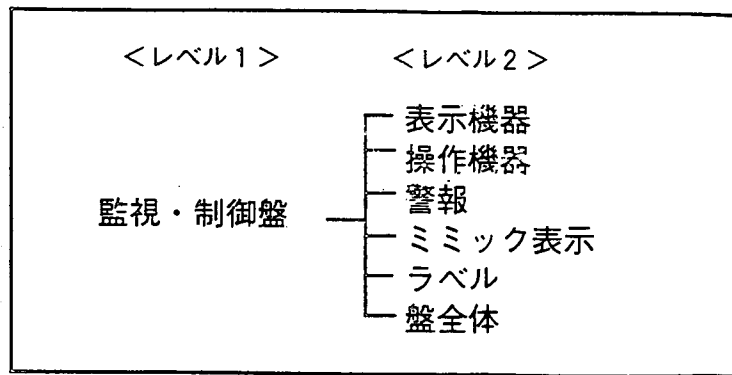


一方、「作業室環境」については、考慮すべき制御室の環境条件として、レベル3：「温熱」「照明」「色彩」「居住性」「音環境」の5つを設定した。



[1. 2] 監視・制御盤

監視・制御盤についても、制御室と同様に構成要素を細分化した。構成する機器や要素は、大きくわけて、「表示機器」「操作機器」「警報」「ミミック表示」「ラベル」に分類される。これ以外に盤全体に関係する事柄を考慮するために「盤全体」を加え、この6つの区分をレベル2として設定した。



このうち、「表示機器」「操作機器」「警報」については、制御室と同様に、どのような機器をそなえるべきかという構成の問題、各種表示機器の設計の問題、それらの適切な配置の問題があるので、それぞれに対してレベル3に、

レベル3 : 「構成」「要素設計」「配置」

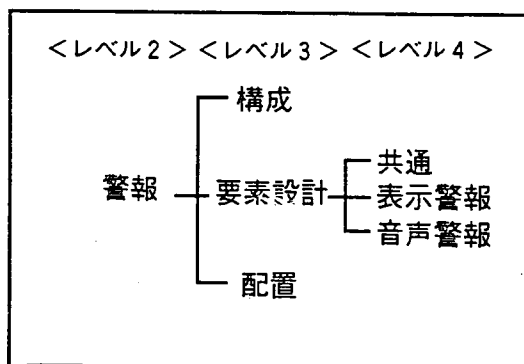
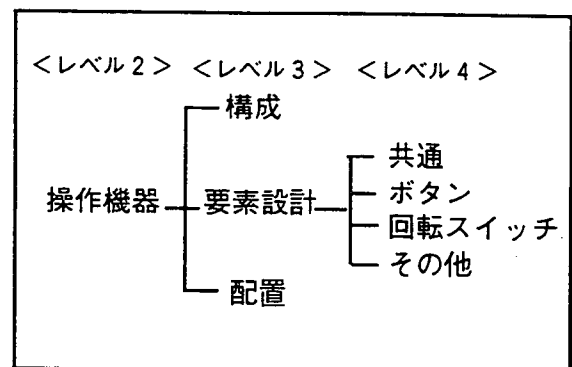
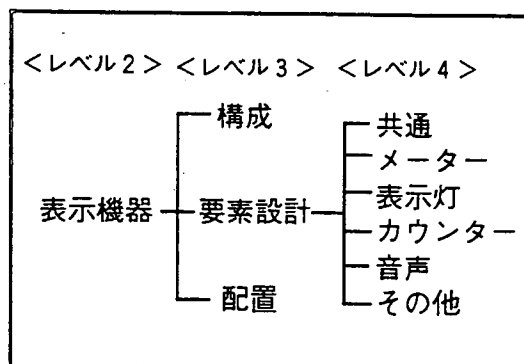
を設定した。さらに要素の種類としては次のものを取り上げた。

表示機器 : 「メーター」「表示灯」「カウンター」「音声」「その他」

操作機器 : 「ボタン」「回転スイッチ」「その他」

警報 : 「表示警報」「音声警報」

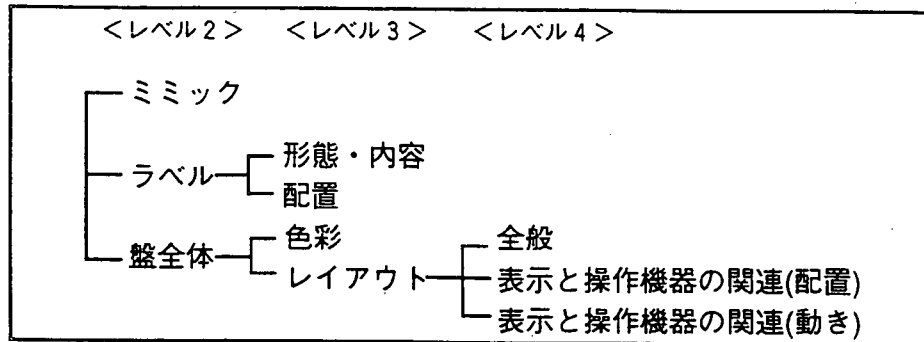
これらの各区分に、それぞれ「共通」を加えてレベル4として設定した。



「ミミック表示」については、適切な構成の仕方に関する項目のみであるとし、レベル3以降の細分化はしなかった。「ラベル」については、「形態および内容」に関する項目と、「配置」に関する項目とに区分し、これをレベル3とした。盤全体に関連する区分としては、まず「色

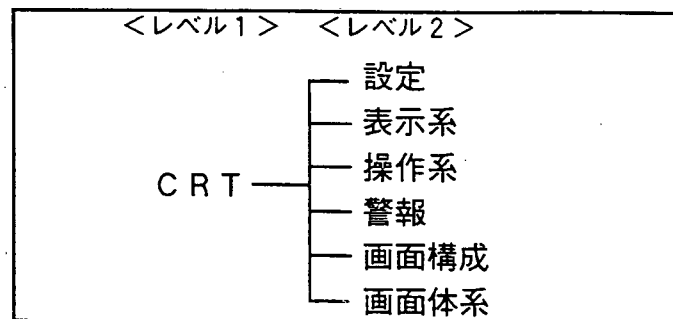
彩」と「レイアウト」にわけた（レベル3）。「色彩」はそれ以上の細分化はせず、「レイアウト」は意味的に次の3つに分類し、レベル4として設定した。

- 「全般」：盤上の全般的な配置の考え方
「表示と操作機器の関連(配置)」：特に関連する表示と操作機器の配置の考え方
「表示と操作機器の関連(動き)」：特に表示と操作機器の動き方の対応の考え方



[2] CRT

基本的には盤と同様の考え方で区分した。つまり、レベル2としては、CRT画面の構成要素である「表示系」「操作系」「警報」を設定した。また、これらの構成要素以外の区分として、はじめにCRTの設定のハード的側面を考慮する必要があるため「設定」という区分を設けた。さらに、CRT画面全体の構成のあり方に関する「画面構成」、画面切替によって提示される複数の画面間に関する「画面体系」を設定した。

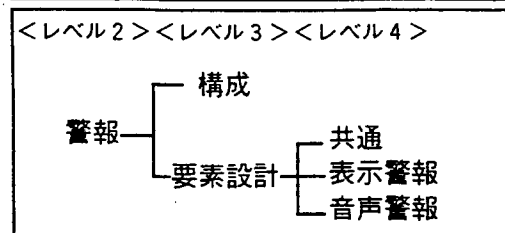
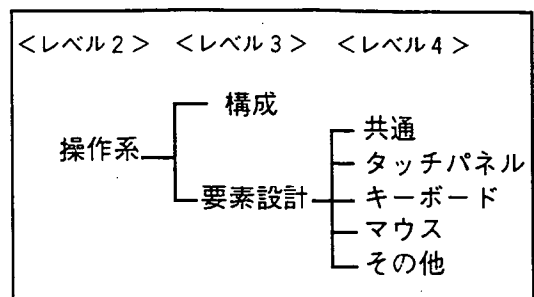
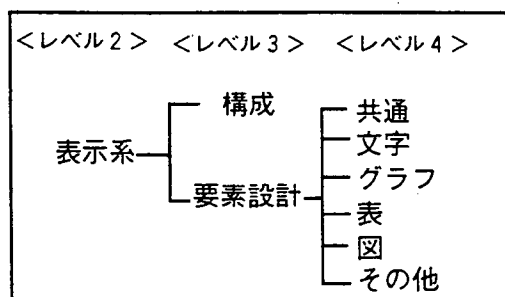


CRT画面の構成要素である表示系、操作系、警報においては、それぞれどういう要素を備えるべきか、どのような要素を用いるべきかといった「構成」、及びそれらの適切なあり方を考慮する「要素設計」をレベル3として設定した（配置は画面全体の構成として考える必要があるため、ここでは設定していない）。

要素の種類については、

- 表示系　－　「文字」「グラフ」「表」「図」「その他」
操作系　－　「タッチパネル」「キーボード」「マウス」「その他」
警報　　－　「表示警報」「音声警報」

及び、それぞれのレベル4に「共通」を設定した。



また、「画面構成」「画面体系」については、レベル3以降の細分化を行わないこととした。
前者は一つの画面上で要素をどのように配置し構成するか、後者は複数の画面の体系をどのように設計するかに関連する区分であるため、これ以上の物理的な区分や意味的区分はできないためである。

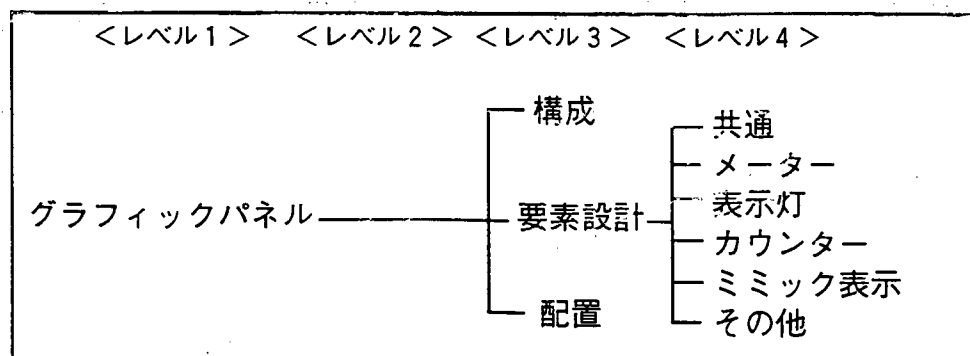
〔3〕グラフィックパネル

グラフィックパネルについても、基本的に監視盤・操作盤と同様の区分とした。異なる点は、グラフィックパネルには操作機器と警報がなく、構成要素全体が表示機器であるということである。したがって、

レベル2 : 相当する区分はなし

レベル3 : 「構成」「要素設計」「配置」

とした。このうち要素については、レベル4 : 「共通」「メーター」「カウンター」「表示灯」「ミミック表示」を設定した。



②各区分で扱う内容の検討

設定されたガイドライン（原案）の枠組みの各区分において、どのようなことを考慮すべきか

を検討した。3. 1 項において他設備の代表的指針で扱われている内容を概観した結果をもとに、各区分ではどのような内容を扱うべきか、また、どのような視点を考慮すべきかを検討し、明確にした。表 3.4-1 にその結果を示す。

表 3.4-1 設定した枠組みと各区分において扱う内容（その 1）

[1] 監視・制御盤

[1. 1] 制御室

レベル 2	レベル 3	内容	視点
作業空間	構成	・制御室内に必要な設備（盤、CRT、グラフィックパネル、机、椅子、簡単な保修工具・部品の収納など）	・人間工学 －人体寸法 －作業姿勢 －動作 －動線 ・タスク特性 ・安全性
	要素設計	・各構成要素の適切な形状 ・各構成要素の適切な寸法	
	配置	・各構成要素の適切な位置 ・各構成要素の適切な配列 ・各構成要素の適切な間隔	
作業環境	温熱	・温度の満たすべき条件 ・湿度の満たすべき条件 ・空調の満たすべき条件	・人間工学 －生理的要件 －心理的要件 ・タスク特性 ・安全性
	照明	・照度基準 ・グレアや反射の防止 ・目の疲れの防止 ・非常時の照明	
	色彩	・調和のとれた色彩	
	居住性	・総合的な快適性の提供	
	音環境	・騒音の基準	

表 3.4-1 設定した枠組みと各区分において扱う内容（その2）

[1. 2] 監視・制御盤（1/2）

レベル2	レベル3	内容	視点
表示機器	構成	・必要な情報 ・適切な表示方式 ・安全に関わる情報の冗長性	・人間工学 －生理的・心理的要因 ・タスク特性 ・安全性
	要素設計	・表示機器の適切な設計 ・寸法、形態、色、文字 ・スケーリング、目盛り ・ポインタの形状および動き ・異常を示す表示	・人間工学 －生理的・心理的要因 ・認知工学 －視認性 －わかりやすさ ・タスク特性 ・安全性
	配置	・表示機器の適切な配置 ・グループ化 ・見える位置にあること ・監視対象の構造との対応	・人間工学 －生理的・心理的要因 ・認知工学 －識別性 －関連の分かりやすさ ・タスク特性
操作機器	構成	・必要な機能及び適切な操作方式 ・誤操作の保護装置 ・フィードバック ・安全に関わる機器の冗長性	・人間工学 －姿勢、動作、作業負荷 －使いやすさ ・タスク特性 ・安全性
	要素設計	・操作機器の適切な設計 ・寸法、形態、色、文字 ・動き ・操作抵抗 ・非常用の機器	・人間工学 －人体寸法 －生理的・心理的要因 ・認知工学 －識別性、操作性 －機能の分かりやすさ －操作状態の分かりやすさ ・タスク特性 ・安全性
	配置	・グループ化 ・タスクシーケンスとの関連 ・隣接する機器との干渉 ・他のメンバーとの共有	・人間工学 －作業の連携/動線/人体寸法 ・認知工学 －識別性 －関連の分かりやすさ －操作性 ・タスク特性

表 3.4-1 設定した枠組みと各区分において扱う内容（その 3）

[1. 2] 監視・制御盤（2 / 2）

レベル 2	レベル 3	内容	視点
警報	構成	・ タイミング ・ 優先度 ・ 継続の扱い	・ 人間工学 － 心理的負荷 ・ 認知工学 － 状況把握のしやすさ ・ 安全性
	要素設計	(視覚) ・ 内容 ・ 大きさ、字体 ・ 色、コントラスト (音声) ・ 音の種類 ・ 騒音下でもきこえる	・ 人間工学 － 生理的・心理的要因 ・ 認知工学 － 視認性・識別性 ・ タスク特性
	配置	・ 見える位置にあること ・ 警報と対応操作の関連	・ 人間工学 － 生理的・心理的要因 ・ 認知工学 － 対応のわかりやすさ ・ タスク特性
ミミック表示		・ ミミック表示の適切な構成 ・ カラーコーディング ・ 記号の統一性	・ 人間工学 － 生理的・心理的要因 ・ 認知工学 － 識別性 － システム構成の解りやすさ
ラベル	内容・形態	・ 適切な表示内容 ・ 階層化 ・ 適切な表示形態 ・ 文字の大きさ、字体 ・ 色、コントラスト	・ 人間工学 － 生理・心理的要因 ・ 認知工学 － 視認性・識別性 ・ タスク特性
	配置	・ 関連する機器との対応 ・ 操作との関連	・ 人間工学 － 動作 ・ 認知工学 － 対応のわかりやすさ ・ タスク特性
盤全体	色彩	・ 適切なカラーコード ・ カラーコードの一貫性 ・ タスク環境との適合	・ 人間工学 － 生理的・心理的要因 ・ 認知工学 － 識別性 ・ タスク特性
	レイアウト	全般 ・ 適切な配置位置 ・ タスクシーケンスとの対応 ・ 関連する表示と操作機器 ・ 表示と操作機器の動きの対応 ・ 非常用機器の配置	・ 人間工学 － 人体寸法 － 生理・心理的要因 ・ 認知工学 － 識別性 － 関連のわかりやすさ ・ タスク特性 ・ 安全性

表 3.4-1 設定した枠組みと各区分において扱う内容（その 4）

[2] CRT

レベル 2	レベル 3	内容	視点
設定		・解像度 ・輝度 ・コントラスト	・人間工学 －生理的・心理的要因 ・タスク環境
表示系	構成	・画面上に必要な情報 ・情報の内容に適した表示形式 ・安全に関わる情報の表示	・人間工学 －生理的・心理的要因 ・認知工学 －状況の分かりやすさ ・タスク特性 ・安全性
	要素設計	・各要素の大きさ、形状 ・色、コントラスト ・内容の表現方法	・人間工学 －生理的・心理的要因 ・認知工学 －視認性・わかりやすさ ・タスク特性
操作系	構成	・必要な機能 ・入力内容に適した入力方法 ・フィードバック ・安全に関わる機能	・人間工学 －姿勢、動作、作業負荷 ・認知工学 －操作性 ・タスク特性 ・安全性
	要素設計	・各種入力装置の形態・寸法 ・形状 ・動きと操作抵抗	・人間工学 －身体寸法 －生理的・心理的要因 ・認知工学 －分かりやすさ・操作性 ・タスク特性
警報	構成	・ハードウェアの警報との役割分担 ・優先度 ・適切な提示形態	・人間工学 －生理的・心理的要因 ・認知工学 －視認性 ・安全性
	要素設計	・提示内容 ・形態、大きさ ・音の種類と意味の割当	・人間工学 －生理的・心理的要因 ・認知工学 －識別性・状況把握のしやすさ ・タスク特性
画面構成		・グループ化 ・表示と操作の関連 ・操作対象との対応 ・単純化	・人間工学 －動作 ・認知工学 －識別性・操作性・解りやすさ ・タスク特性
画面体系		・現在画面の位置の明示 ・画面選択方式 ・特定情報へのアクセス ・取消／再実行機能	・人間工学 －作業負荷 ・認知工学 －わかりやすさ・操作性 ・タスク特性

表 3.4-1 設定した枠組みと各区分において扱う内容（その5）

[3] グラフィックパネル

レベル2	レベル3	内容	視点
	構成	・必要な情報 ・適切な表示形態 ・異常時の表示形態	・人間工学 －生理的・心理的要因 ・認知工学 －視認性 －わかりやすさ ・タスク特性 ・安全性
	要素設計	・大きさ、形状 ・文字、表現方法 ・色、コントラスト	・人間工学 －生理的・心理的要因 ・認知工学 －視認性 －わかりやすさ ・タスク特性
	配置	・グループ化 ・タスクシーケンスとの関連 ・メンバーの位置との関連 ・制御対象の構造や表示内容との対応	・人間工学 －動線 ・認知工学 －識別性 －状況把握のしやすさ ・タスク特性

3. 4. 3 一般的項目の抽出及び枠組みへのあてはめ

（2）で設定された枠組みを基にガイドライン（原案）を作成するために、調査した他設備の設計指針を以下のように用いた。

調査した設計指針の中では、原子力プラントの設計指針 NUREG-0700 Rev. 1 が最新であるためインタフェース技術及び認知工学に関する新しい知見がとりこまれていること、更に制御室設計において必要とされる大抵の機器・要素が扱われており網羅性が高いこと等の理由により、NUREG-0700 Rev. 1 をガイドライン作成の基本とすることとした。しかしながら、今回作成する素案は一般的な設計指針のレベルを目標とするため、NUREG-0700 に数多く含まれる特定のタスクやそれに必要な具体的な機器の仕様の詳細については扱うこととせず、各機器・要素についての一般事項 レベルのガイドラインを抜粋し（2）で作成した枠組みに分類した。

これを補う形で他の3文献、

化学（LNG）プラント：Control Panel Design Guidelines and Checklist

航空機（コックピット）：Flight Deck and Handling Qualities Standards for Transport Aircraft

鉄道（運転台）：運転台の人間工学ハンドブック ー形態編ー

からも、NUREG 同様に、特有の機器やシステムではなく一般的な内容を扱った項目を選び、枠組みの中に入れた。

また、日本電機工業会による規格「JEM」は各項目を実現する際のバックデータとして位置づけ

られるため、参照すべきところに規格のナンバー及びタイトルを付記した。

3. 4. 4 ガイドライン項目の整理

(3) で検討した各区分の中に分類された個々の設計指針を横並びに見ると、記述レベルの詳細度や語調、用語等が必ずしも統一されていないため、各区分においてどのような点を考慮して設計すべきであるかがわかりにくく、また、バランスよく必要事項が押さえられているかどうかもはっきりしない。このため、ガイドライン（素案）として、必要な内容を備え、わかりやすくまとめるために、次のような整理を行った。

まず、指針の記述レベルのばらつきを減らし、わかりやすくするために、次のように階層を設定して、各区分に含まれている指針を2分した。

一般的ガイドライン：マンマシンシステム設計に際して必要とされる各視点に対応する原則を、設計における要件として書き下した原則レベルの記述。

具体的設計ガイド：上記のレベルよりも少し踏み込んで、それらの要件を踏まえた実際の設計に直結したレベルの記述。

次に、同様の内容を意味する項目は一つにまとめ、逆に一つの項目に2つ以上の内容が併記されている場合はそれぞれ分割して独立した項目とするなどして、項目間の調整を行った。また、表現や用語法もできるだけ統一した。

さらに、ガイドライン（素案）を全体的に見渡して基本的な必要事項が明らかに抜け落ちている部分については、代表的な人間工学の参考書である「図説エルゴノミクス」から関連する項目を引用、補足することにより全体のバランスをとった。

このようにして作成された「ガイドライン（素案）」を表3. 2-3に示す。表中の番号①はNUREG、②は化学プラント、③は航空機④は鉄道の設計指針、(エ)は図説エルゴノミクスから引用した項目であることを示している。

3. 5 マンマシン設計手法に基づくダム操作設備の試設計

3. 5. 1 制御設備の構成・配置の検討

(1) 試設計にあたっての前提条件

試設計の前提条件として、操作室にする設備の構成・機能を検討した。検討にあたっては、ダム及び制御設備の仕様に関する事例を参考とした。

設定した操作室内の設備構成及び機能等を表 3.5-1 に示す。

表 3.5-1 設備構成及び機能

機器名称	主な機能	位置付け
表示設定操作卓	・水文量の表示処理 ・操作演算処理定数の設定・表示 ・放流設備の操作関連設定・指定・入力・起動・停止・表示 ・情報の判定の表示	・制御の中心であり制御室中央に設置する
遠方操作卓 1	・クレストゲート (4 門) 操作 ・関連装置の状態表示 ・ゲート・パラメータ表示 ・ゲート操作 ・ゲート非常停止 ・警報制御	・年間を通し極めて使用は少ない
遠方操作卓 2	・コンジットゲート (5 門)、利水放流設備 (1 門) および水位維持放流設備 (1 門) 操作 ・関連装置の状態表示 ・ゲート・パラメータ表示 ・ゲート操作 ・ゲート非常停止 ・警報制御	・利水放流設備は常時使用 ・水位維持放流設備は年 7 回程度使用 ・コンジットゲートは年 3 回程度使用
記録用端末装置	各種帳票作成	・常時監視不要
管理支援処理装置	ダム管理における操作員支援	・常時稼働不要
訓練用端末装置	訓練用	・常時稼働不要
情報表示盤	・ダム水文量表示 ・テレメータ水文量表示	・常時表示 ・表示設定操作卓の前方視認性の良い所に設置
警報表示盤	総括的異常状態の表示	・緊急時の対応に必要
(試設計に当たっての注記) 1. 各ゲートの配列は上流から見て左から次のように並んでいる： ・クレストゲート：1、2、3、4 号 ・利水放流設備 (1 門)、コンジットゲート：1 (下)、2 (上)、3 (下)、4 (上)、5 (下) 号、水位維持放流設備 (1 門) 2. 遠方操作卓上でのゲート操作機器の配列は、基本的に上記 1. の配列に従うと想定する。 3. 操作室の位置上可能であれば、遠方操作卓 2 の前方あるいは側方の窓から各ゲートが監視可能 (不可能であれば、モニタテレビ等でゲートの監視を考慮) とする。		

(2) 設備配置の基本的な考え方

操作室内の設備構成及び機能等は基本的に表 3.5-1 によることとし、それを前提として設備の配置を「ダム用ゲート操作設備マンマシン設計ガイドライン（原案）」の考え方に沿って検討した。

具体的には、上記ガイドライン（原案）の 2.1.3(1)～(6)、3.6.2A(2)に示された要員の動き・動線の考慮、作業位置からの操作・監視の考慮、作業位置での相互会話の考慮が主要なものである。これらを踏まえて配置に対する基本的な考え方を以下のとおりまとめた。

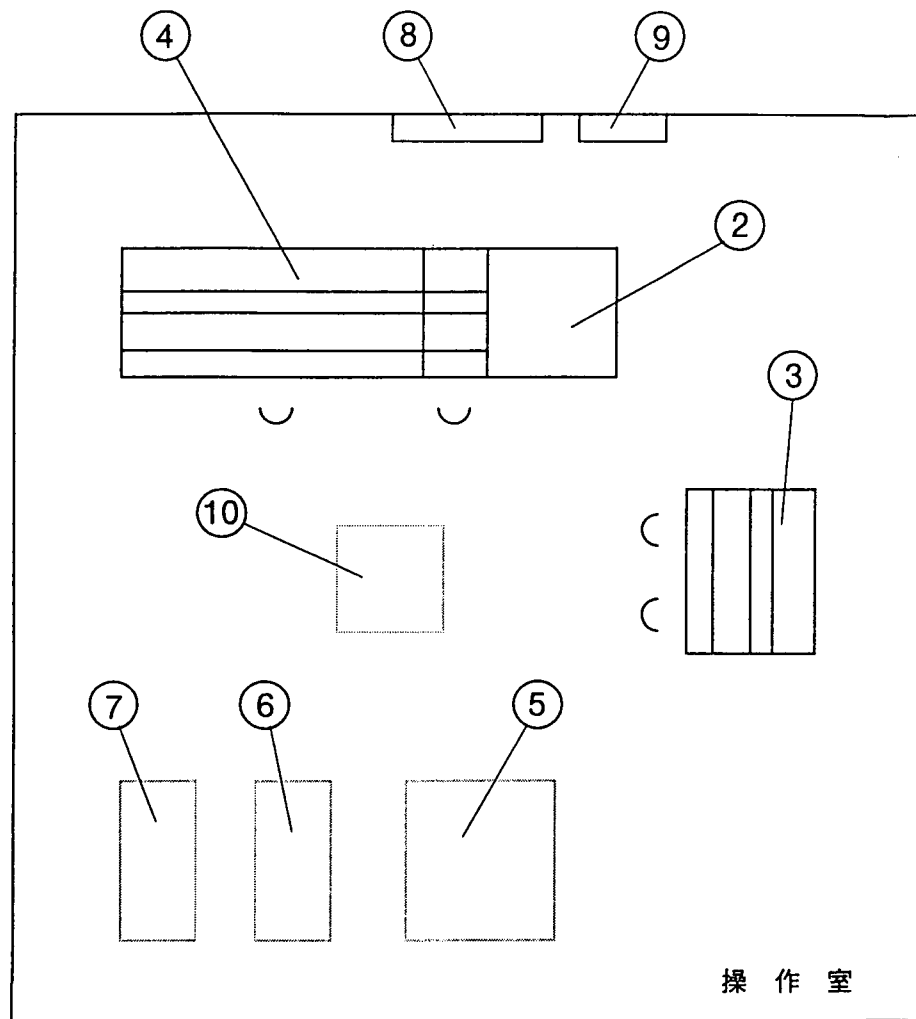
- ・表示設定操作卓と遠方操作卓 2 は隣接
- ・遠方操作卓 1 は、表示設定操作卓に近接
- ・情報表示盤は、表示設定操作卓と遠方操作卓 2 の前方で監視できる位置
- ・警報表示盤は、表示設定操作卓の前方の監視できる位置でかつ遠方操作卓 1 に近い位置
- ・その他の記録用端末装置、管理支援処理装置、訓練用端末装置は、作業机等を中心として円形に配置
- ・遠方操作卓 2 の前方あるいは左方の窓から各ゲートが監視可能（操作室の設置位置から不可能な場合には、モニターテレビ等でゲートが監視可能）
- ・時刻表示やダムの状態を示す基本的なデータ等全ての操作員の必要とする情報は、どの作業位置からも容易に読めるように配置

(3) ゲート操作体制の想定

ダム管理所におけるゲート操作演習等の状況などを基に、一般的と思われる人員数と分担を以下のとおり想定した。

- ・コンジットゲート操作時は、表示設定操作卓に 1 名、遠方操作卓 2 に 1 名の計 2 名
- ・クレストゲート操作時は、表示設定操作卓に 1 名、遠方操作卓 1 に 2 名の計 3 名とする。

上述の前提条件及び(1)(2)項の考え方に基づいて操作室の配置を図 3.2-1 のように計画した。



番号	名 称
1	表示設定操作卓（操作設定端末部）
2	表示設定操作卓（監視部／プリンタ）
3	遠方手動操作卓1（クレストゲート）
4	遠方手動操作卓2（コンジットゲート等）
5	記録用端末装置
6	管理支援処理装置
7	訓練用端末装置
8	情報表示盤
9	警報表示盤
10	作業机

配置設計に当たっての注記：

1. 操作作業体制は、下記の様な操作員数を想定する：
 - (1) コンジットゲート操作時は、表示設定操作卓に1名、遠方操作卓2に1名の合計2名
 - (2) クレストゲート操作時は、表示設定操作卓に1名、遠方操作卓1に2名の合計3名。
2. 通常の操作の中心は、①②④⑧⑨である。
 ①と④は隣接、③は①に近接し、⑧⑨は①の前方に設置するのを基本とするが、③と①は列盤も可。
3. 操作室の位置上可能であれば、遠方操作卓2の前方あるいは左方の窓から各ゲートが監視可能（不可能であれば、モニターテレビ等でゲートの監視を考慮）とするが、詳細設計時に設定する。
4. ⑤⑥⑦⑩の位置・寸法は暫定である。
5. 保守用スペース・隣の部屋との関連（出入り口等）・操作室に設置する他の装置等は、詳細設計時に考慮する。

図 3.5-1 操作室の配置

3. 5. 2 操作・表示器具等の設定

(1) 操作・表示器具の整理と設計の基本的な考え方の検討

ダム及び制御設備の仕様に関する事例を参考として、表示設定操作卓、遠隔操作卓、情報表示盤及び警報表示盤毎に設置する器具を整理し、必要な機能を整理した。また、操作・表示器具の設計あるいは選定に当たって適用すべき考え方を「ダム用ゲート操作設備マンマシン設計ガイドライン(原案)」から選定した。

選定したガイドライン(原案)の項目は以下のとおりである。

[操作器]

3.2.1 操作機器の構成

3.2.2 操作機器の要素設計：A～D

[指示計]

3.1.1 表示機器の構成

3.1.2 表示機器の要素設計：A、B、D、E、F

[表示灯]

3.1.1 表示機器の構成

3.1.2 表示機器の要素設計：A、C、F

[警報表示灯]

3.3.1 警報の構成

3.3.2 警報の要素設計：A、B

[表示パネル]

3.1.1 表示機器の構成

3.1.2 表示機器の要素設計：A～F

3.4 ミミック

表 3.5-2 ～ 5 にダム及び制御設備の仕様に関する事例を参考として抽出した各操作卓、表示盤毎の設置器具と、上記の選定したガイドライン項目から見た設計上の考慮すべき重要なポイントを示す。

表 3.5-2 遠方操作卓設置器具と設計上考慮すべき重要ポイント

区分	当該ダム制御設備基本仕様				ガイドラインから見た設計上 考慮すべき重要ポイント
	項目	信号元	個数	形式	
操作器	操作電源制御	—	1/ゲート	キー付きスイッチ	・操作時にフィードバックがある ・左 OFF-右 ON
	ゲート開	—	1/ゲート	押ボタンスイッチ	・操作時に適切なフィードバックがある ・表示灯と形、大きさ等で明確に区別する ・文字が読める ・操作に必要なとする力が適切である ・表面は滑らない
	ゲート停止	—	1/ゲート	同上	同上
	ゲート閉	—	1/ゲート	同上	同上
	非常停止	—	1/ゲート	同上	・冗長性を持たせる必要ないか ・他の操作器具との識別性を高める ・物理的な障壁で保護する
	警報制御	—	1式	同上	—
	警報表示灯	—	—	—	—
指示計	現在開度	機側	1/ゲート	デジタル表示計	*冗長性を持たせる必要ないか ・4桁以上を表示する時には、適切な方法でグループ化する
	目標開度	表示設定操作卓	1/ゲート	同上	・4桁以上を表示する時には、適切な方法でグループ化する
	現在放流量	演算処理装置	1/ゲート	同上	同上
	目標放流量	演算処理装置	1/ゲート	同上	同上
表示灯	機側状態	機側盤 (約 26 信号/ゲート)	約 8/ゲート	表示ランプ	*ゲートの状態が明確に表示される (動作信号の過不足、ゲート除外の取り扱い等) *操作機器の状態だけでなく制御対象の応答も示す (ゲート動作、圧着状態等) ・目的、意味の異なる表示は区別する (機側状態とゲート動作状態の区別等) ・押ボタンスイッチと形、大きさ等で明確に区別する ・警報表示灯と形、大きさ等で明確に区別する ・字が読める
警報表示灯	機側状態	機側盤 (約 18 信号/ゲート)	約 4/ゲート (重故障・軽故障・開度計故障・非常停止等)	同上	・目的、意味の異なる表示は区別する ・上記の状態表示灯と形、大きさ等で明確に区別する *システム・機器の故障は必ず操作員に提示する (どこかで見ることが出来、それが判る) ・字が読める
(注) *印のものは、ガイドラインから見た情報処理/制御システム設計に対する要求である。					

表 3.5-3 表示操作設定操作卓（操作設定端末部）設置器具と設計上考慮すべきポイント

区分	当該ダム制御設備基本仕様				ガイドラインから見た設計上 考慮すべき重要ポイント
	項目	信号元	個数	形式	
操作器	操作開始	—	1	キー付きスイッチ	・操作時にフィードバックがある ・左 OFF—右 ON
	操作完了	—	1	押ボタンスイッチ	・操作時に適切なフィードバックがある ・表示灯と形、大きさ等で明確に区別する ・文字が読める ・操作に必要なとする力が適切である ・表面は滑らない
	ゲート起動・停止	—	2	同上	同上
	除外ゲート	—	11	同上	同上
	選択取水操作 起動・停止	—	2	同上	同上
	建屋情報監視 開始	—	1	同上	同上
	テンキー・パ ッド	—	1 式	テンキーとカーソ ル制御	—
	警報制御	—	1 式	押ボタンスイッチ	—
	表示・ 操作器	操作設定	1	タッチパネル	—
表示灯	ダム演算方式	—	5	表示ランプ	・目的、意味の異なる表示は区別 する ・押ボタンスイッチと形、大きさ 等で明確に区別する ・警報表示灯と形、大きさ等で明 確に区別する ・字が読める
警報表 示灯	代表警報 （状態表示を 含む）	演算処理装 置	約 4	同上	・目的、意味の異なる表示は区別 する ・上記の状態表示灯と形、大きさ 等で明確に区別する ・字が読める
表示器	監視端末	機側・演算 処理装置等	1	CRT	—

表 3.5-4 情報表示盤設置器具と設計上考慮すべき重要ポイント

区分	当該ダム制御設備基本仕様				ガイドラインから見た設計上 考慮すべき重要ポイント
	項目	信号元	個数	形式	
表示器	ダム水文量	情報伝達処理装置	約 10	デジタル表示計	・ 4 桁以上を表示する時には、適切な方法でグループ化する
	テレメータ水文量	同上	約 8	同上	同上
	日時時刻	—	1	同上	同上
表示灯	水理水文量判定注意	演算処理装置	約 14	表示ランプ	・ 目的、意味の異なる表示は区別する ・ 警報表示灯と形、大きさ等で明確に区別する ・ 文字が読める

表 3.5-5 警報表示盤設置器具と設計上考慮すべき重要ポイント

区分	当該ダム制御設備基本仕様				ガイドラインから見た設計上 考慮すべき重要ポイント
	項目	信号元	個数	形式	
操作器	警報制御	—	1 式	押ボタンスイッチ	—
警報表示灯	中分類警報	演算処理装置	約 15	表示ランプ	・ 目的、意味の異なる表示は区別する ・ 機能毎に警報をグループ化する ・ 押ボタンスイッチと形、大きさ等で明確に区別する ・ 文字が読める
表示灯	ゲート動作中	—	1	表示ランプ	・ 目的、意味の異なる表示は区別する ・ 警報表示灯と形、大きさ等で明確に区別する ・ 文字が読める

(2) その他の設計上考慮すべき重要なポイントの検討

本試設計では、インタフェース部分の試設計を対象としているが、インタフェース設計の性質上、インタフェース設計の上流設計である情報処理／制御システム設計との関連がでてくる。このため「ダム用ゲート操作設備マンマシン設計ガイドライン（原案）」の中にも情報処理／制御システム設計に対するガイドラインとなる部分もあり、情報処理／制御システム設計に当たって充分検討しておく必要がある。

ここでは、表 3.5-2 ～ 5 に基づいて、実設計において考慮しなければならない重要なポイントについて検討を加えた。

1) 警報表示システム

ダム管理用制御処理設備標準設計仕様（案）（ダム水源地センター）によると、警報表示システムの基本構成は次のようになっている。

- ・ 警報表示盤に、中分類警報を 4 区分して表示する
- ・ 表示設定操作卓には、代表警報表示灯を設置し、詳細は監視ディスプレイで把握する
- ・ 遠隔操作卓での警報表示は、機側の異常に限定して表示する（開度計異常・流量計異常・機側異常（重故障・軽故障）・非常停止）

検討すべき事項は次のものが考えられる。

- ・ 警報表示盤の区分・名称と、表示設定操作卓での代表警報表示灯・名称の統一
- ・ 遠隔操作卓警報表示のまとめ方
- ・ 遠隔操作卓警報表示と、上記警報表示盤、表示設定操作卓での区分・名称の統一
- ・ 色・動作の統一と音の分離統合
- ・ 監視ディスプレイでの詳細情報表示の上記区分・名称との統一

2) 遠隔操作卓における表示灯の考え方

遠隔操作卓における表示灯には、機側状態の表示灯と、ゲート動作表示灯に区分される。各区分の表示灯の考え方について更に検討すべき事項として次のものが考えられる。

- ・ 機側状態表示灯のまとめ方と、まとめた場合の詳細情報の表示方法
- ・ ゲート状態表示灯のまとめ方と、まとめた場合の詳細情報の表示方法
- ・ ゲートの実動作の表示（もしなければ）
- ・ ゲート除外（除外ゲート）の表示
- ・ 制御電源の表示

3. 5. 3 操作・表示器具配列の試設計

前節において、表示設定操作卓、遠隔操作卓、情報表示盤及び警報表示盤毎に設置器具を抽出しその機能を設定した。

ここでは、これら設置器具の配列の試設計を実施した。試設計は次のような手順、および考え方

で実施した。

(1) 器具の配列方法の基本的な考え方

1) 適用すべきガイドライン項目の選定

各操作卓、表示盤に設置すべき器具は、表 3.5-2 ～ 5 に示すように抽出された。これらの器具は、ダム操作設備の所要機能にとって適切に選択がなされていることを前提として、今回は、これらの器具の配列方法等について設計上考慮すべき事項を検討・整理した。

(選定したガイドラインの項目)

選定したガイドライン項目は以下のとおりである。ただし、ガイドラインに示された項目の中田も、具体的な寸法、高さ、距離といった事項に関連する項目は、詳細設計段階で考えることとして、今回は選定しないこととした。

ガイドライン3.1.3 表示機器の配置：(1) (2) (4)

特に重要であるポイント：

- ・頻繁に使われる表示のグループ化と配置
- ・ゲートに関する情報の実機ゲートの位置関係に対応した配置
- ・グループ内配置は使用する順に左から右あるいは上から下

ガイドライン3.2.3 操作機器の配置：(2) ～ (4)

特に重要であるポイント：

- ・実機ゲート配列との対応
- ・ロジック順、手順シーケンス順の配列
- ・グループ内配置は使用する順に左から右あるいは上から下

ガイドライン3.3.3 警報の配置：(1) ～ (4)

特に重要であるポイント：

- ・機能毎のタイルのグループ化
- ・関連する操作機器／表示機器の上部への配置
- ・状態表示灯との区分

ガイドライン3.6.2 盤全体-レイアウト：A (3) ～ (7)、B (1) ～ (3)、C (1) (2)

特に重要であるポイント：

- ・表示／操作機器のグループ化
- ・非常用緊急用操作機器の判別
- ・器具配列の制御室内の統一
- ・操作機器は関連する表示機器の下部あるいは右側に配置

(詳細設計段階で考慮すべきガイドライン)

次のガイドラインは、詳細設計の段階で考慮する必要がある：

- ガイドライン 3.1.3 表示機器の配置：(1) (3)
3.2.3 操作機器の配置：(1) (5) (6)
3.5 ラベル
3.6.1 盤全体-色彩
3.6.2 盤全体-レイアウト：A (1) (3)

2) 操作・表示器具の配列の検討手順

各操作卓、表示盤毎に表 3.5-2 ～ 5 で抽出されている器具の配列を検討した。基本的な検討の流れはを以下に示す。

- ①抽出された器具の基本要目を設定する。
- ②各操作卓あるいは表示盤での操作あるいは表示情報の監視を考慮して、概略の配列をイメージする。
- ③操作卓の形状を設定する。
- ④次に関連するガイドラインを順次適用し配列の調整を行う。
- ⑤ガイドライン間でトレードオフを行う必要があれば最適と思われる方法で配列を行う。
- ⑥再度全体を見て具体的なゲート操作を想定して全体配列を検討する。
- ⑦これを基として、詳細な操作卓、表示器設計／製作上の問題がないかどうかをチェックする。

(2) 器具配列の試設計の実施

1) 遠隔操作卓 1 (クレストゲート操作卓)

①ダム及び制御設備の仕様に関する事例を参考に、遠隔操作卓 1 の基本的な構成を、以下のとおりとした。

・ゲート操作監視 4 グループと警報制御 (1 式)

・ 1 グループ内：	操作開始制御器	1
	ゲート開・閉・停止操作器	各 1
	非常停止操作器	1
	指示計	4
	状態表示灯	約 8
	警報表示灯	約 4

・グループ配列は、上流側からのゲートの並びに合わせて、左から 1号ゲート～4号ゲートとした。

②グループ内の配列は、下記を基本とした。

表示操作機器

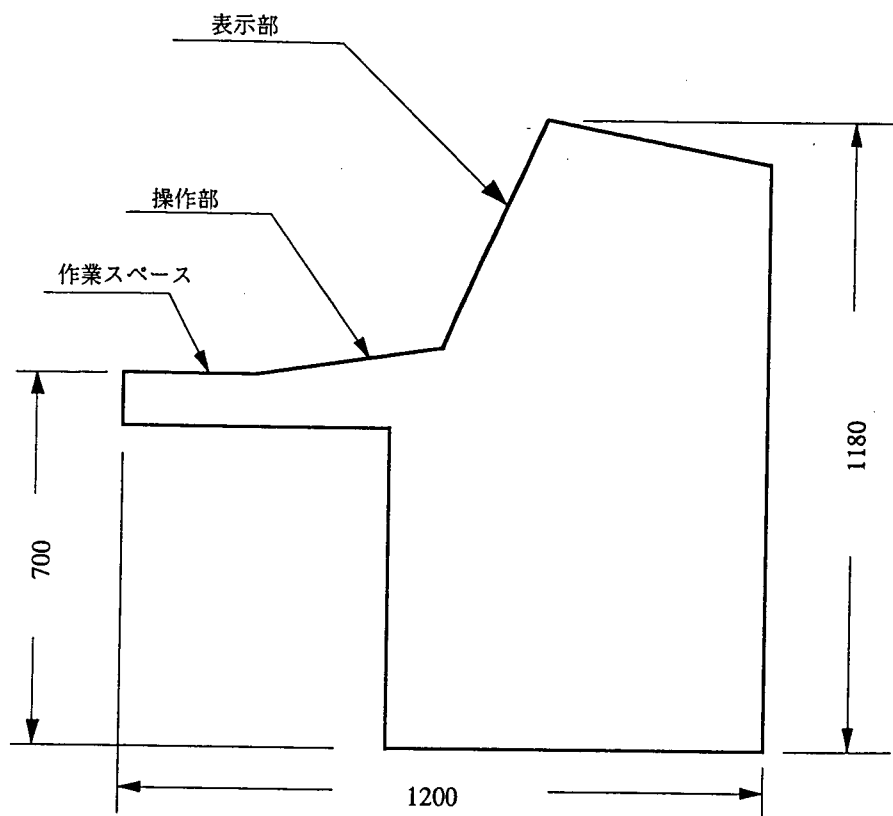
- ・表示／操作機器のグループ化
- ・非常用緊急用操作機器の判別
- ・器具配列の制御室内の統一
- ・操作機器は関連する表示機器の下部あるいは右側に配置

警報表示灯

- ・機能毎のタイルのグループ化
- ・関連する操作機器／表示機器の上部への配置
- ・状態表示灯との区分

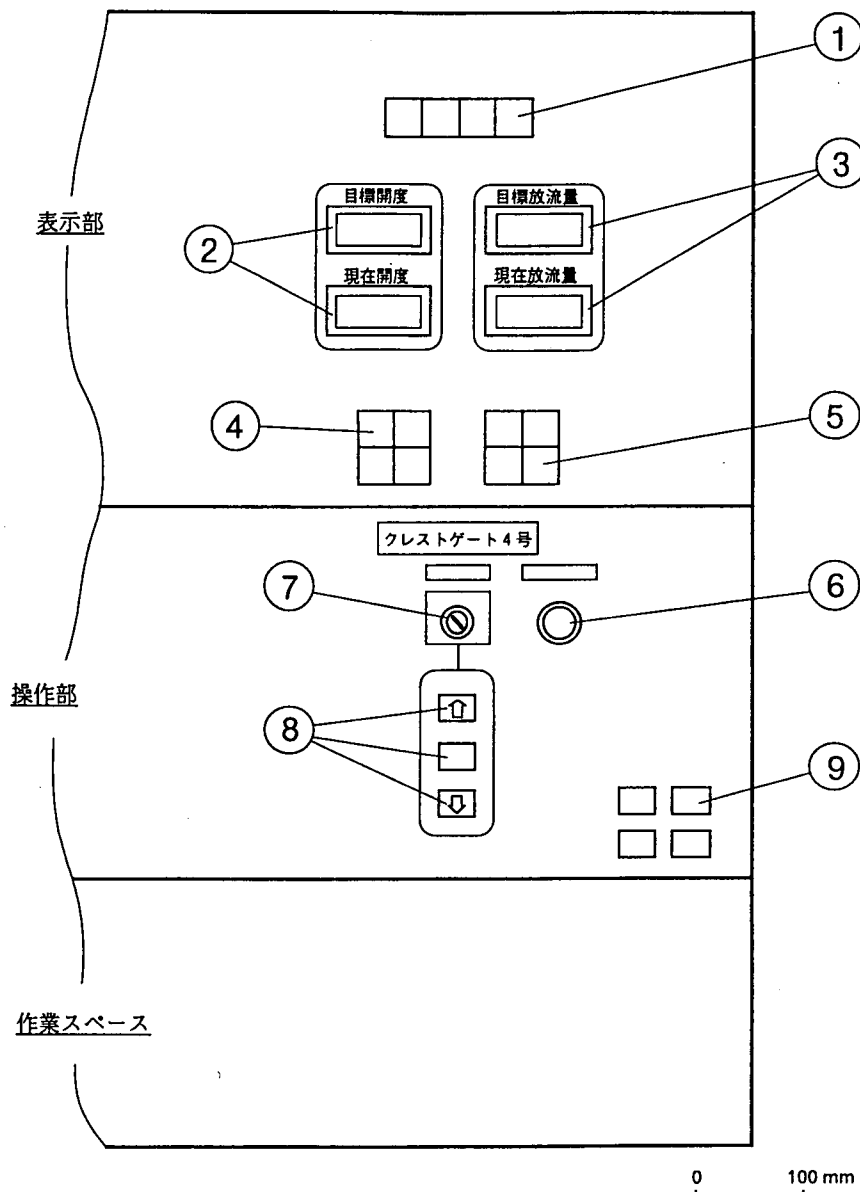
上記の考え方に基づいた配列の概念図を図 3.5-3 に示す。

操作卓の形状は図 3.5-2 のように設定した。



単位 mm (概略寸法)

図 3.5-2 操作卓の形状



番号	名 称	形 式	数量
1	警報表示灯	銘付き表示ランプ (点灯時赤色)	4
2	開度指示計	デジタル指示計 (4桁)	2
3	放流量指示計	デジタル指示計 (4桁)	2
4	機側状態表示灯	銘付き表示ランプ (点灯時青色)	4
5	ゲート動作表示灯	銘付き表示ランプ (点灯時黄色)	4
6	非常停止スイッチ	ガード付き押しボタンスイッチ (赤)	1
7	制御電源スイッチ	キー付きスイッチ	1
8	ゲート制御スイッチ	照光式銘付き押しボタンスイッチ	3
9	警報制御スイッチ	照光式銘付き押しボタンスイッチ	4

配列設計に当たっての注記：

(ゲート操作監視1グループ内の配列)

①：警報表示灯は、④⑤の状態表示灯と分離し上部に配列する (左から、軽故障・重故障・非常停止・開度計異常)。

②：指示計のグループ化 (左：開度、右：放流量)、および上部に「目標値」、下部に「現在値」とする。

③：(同上)

④：機側状態表示灯をグループ化し区分する。

配列：
動力電源 機側
操作電源 遠方

⑤：ゲート状態表示をグループ化し区分する。

配列：
全開 開中
全閉 閉中

⑥：緊急用操作器具の判別を考慮する。

⑦⑧：操作の流れと、ゲート動作との対応を考慮する。

⑨：警報制御器の配列：

ブザー断 確認
ランプテスト 復帰

(グループの配列)

上流から見たゲートの並びに合わせて、左から1号ゲート～4号ゲートする。

図 3.5-3 器具配列の概念図 (遠方操作卓1)

2) 遠隔操作卓 2 (コンジットゲート、利水放流ゲートおよび水位維持放流ゲート操作卓)

①ダム及び制御設備の仕様に関する事例を参考に、遠隔操作卓 2 の基本的な構成を以下のとおりとした。

・ゲート操作監視 7 グループと警報制御 (1 式)

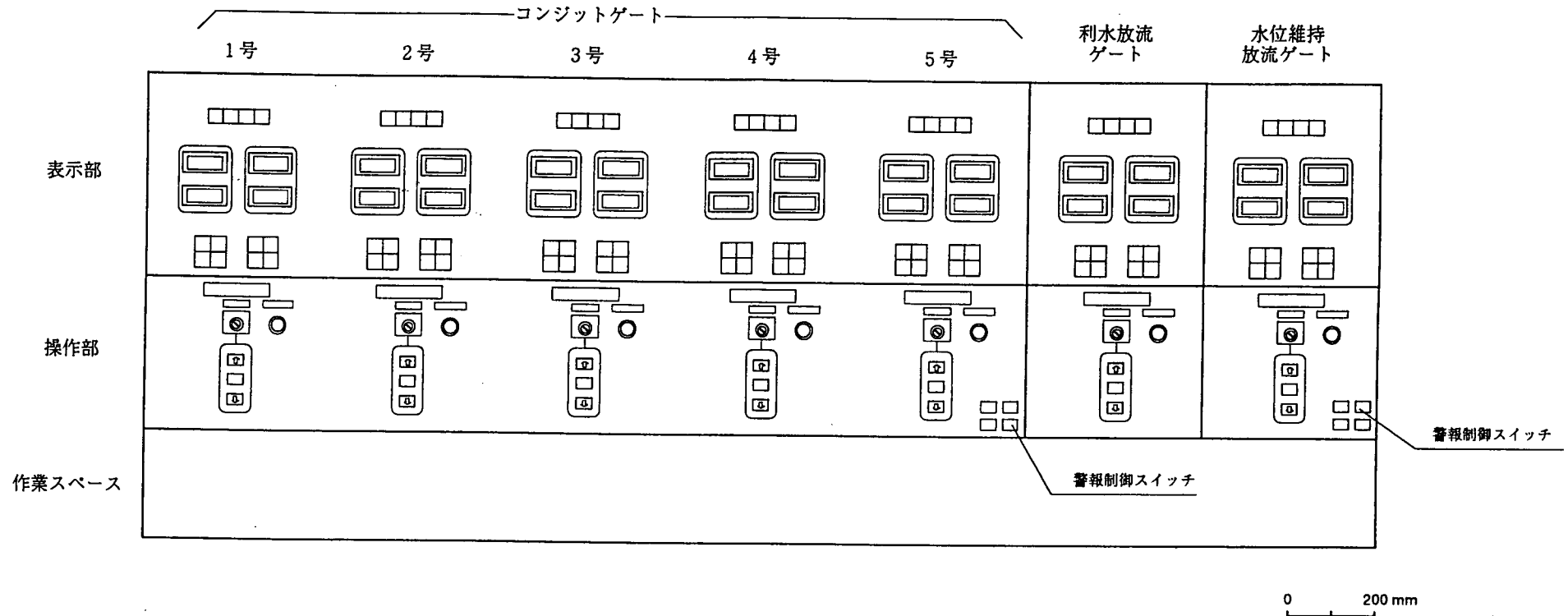
・ 1 グループ内：	操作開始制御器	1
	ゲート開・閉・停止操作器	各 1
	非常停止操作器	1
	指示計	4
	状態表示灯	約 8
	警報表示灯	約 4

・グループ配列は、左からコンジットゲート1～5号、利水放流ゲート、水位維持放流ゲートとした。

②グループ内の配列は、遠隔操作卓 1 と同じである。

上記の考えに基づいた配列の概念図を図 3.5-4 に示す。

操作卓の形状は図 3.5-2 のように設定した。



配列設計に当たっての注記：

1. コンジットゲートの表示・操作器の配列は、ダム上流から見たゲート配列に合わせる。
2. 各ゲートの表示・操作器のグループ内配列は、図3.2-3に同じである。

図 3.5-4 器具配列の概念図（遠方操作卓2）

3) 表示操作設定操作卓（操作設定端末部）

①ダム及び制御設備の仕様に関する事例を参考に、基本的な構成を以下のとおりとした。

・ゲート操作器	17
・情報監視	1
・表示灯	5
・警報表示灯	4
・CRT、タッチパネル、テンキー	各1
・警報制御	1式

②配列の考え方は、下記を基本とする。

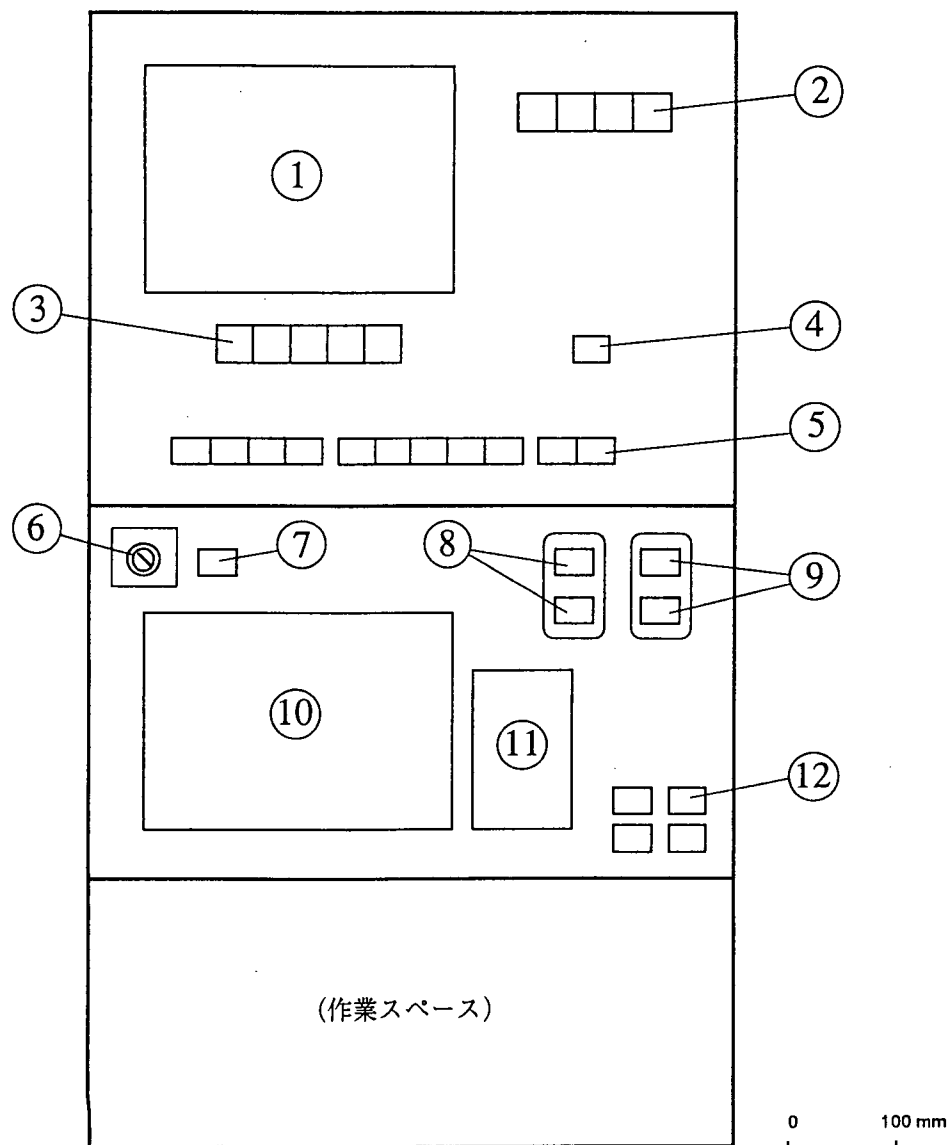
- ・頻繁に使われる表示・操作器具のグループ化と配置：ゲート操作器
- ・実機ゲート配列との対応：除外ゲート操作器
- ・使用する順に左から右あるいは上から下：ゲート操作器
- ・ロジック順、手順シーケンス順の配列：ゲート操作器
- ・警報の機能毎タイルのグループ化：警報表示灯
- ・警報表示灯の状態表示灯との区分
- ・関連する表示／操作機器のグループ化：CRT、タッチパネル、テンキー
- ・器具配列の制御室内の統一：除外ゲート操作器
- ・操作機器は関連する表示機器の下部あるいは右側に配置：タッチパネル、テンキー

③操作設定端末における操作の流れは、ダム管理用制御処理設備標準設計仕様（案）（ダム水源地センター）を参考として以下のとおり想定した。

- 「操作開始」キースイッチ・オン
- 放流方式の選択：タッチパネルの操作
- 放流方式表示灯点灯
- 設定値入力：テンキーの操作（CRT）
- 放流設備種別の選択：タッチパネルの操作
- 操作方式（一回限り操作・半自動操作・自動操作）の選択：CRTによる選択
- 「起動ボタン」操作、③で（選択取水深設定）を選択した場合には「選択取水操作起動」ボタン操作
- 完了あるいは必要な場合には、「ゲート停止」／「選択取水操作停止」／「操作完了」ボタン操作
- 「除外ゲート」ボタンは、当該ゲートを操作対象から除外する場合に使用
- 「建屋情報監視開始」ボタンは、建屋（扉開閉）の監視を開始するときに使用

上記の考え方に基づいた、配列の概念図を図 3.52-5 に示す。

操作卓の形状は図 3.5-2 のように設定した。



番号	名 称	形 式	数量
1	監視端末	CRT	1
2	警報表示灯	銘付き表示ランプ（点灯時赤色）	4
3	放流方式表示灯	銘付き表示ランプ（点灯時白色）	5
4	建屋情報監視 開始スイッチ	照光式銘付き押しボタンスイッチ	1
5	除外ゲート 操作スイッチ	照光式銘付き押しボタンスイッチ	1 1
6	制御電源スイッチ	キー付きスイッチ	1
7	操作完了スイッチ	照光式銘付き押しボタンスイッチ	1
8	ゲート起動／ 停止スイッチ	照光式銘付き押しボタンスイッチ	2
9	選択取水操作起動／ 停止スイッチ	照光式銘付き押しボタンスイッチ	2
1 0	操作端末	タッチパネル	1
1 1	テンキーパッド	テンキーおよびカーソル操作キー	1
1 2	警報制御スイッチ	照光式銘付き押しボタンスイッチ	4

配列設計に当たっての注記：

- ①③：表示器は、操作器の上部に配列する。
 - ②：警報表示灯は、状態表示灯と分離し、上部に配列する。
 - ⑤：除外ゲート操作スイッチは、ゲートの種類によって区分し、左からクレストゲート・コンジットゲート・利水・水位維持放流ゲートとする。
 - ⑥～⑪：操作の流れを考慮して、基本的に左から右へ配列する。
(作業スペース)
- 現在の作業スペースをなくし、操作部を下げる設計も考えられるが、その場合には、操作卓左側等の適切な場所に作業スペースを考える。

図 3.5-5 器具配列の概念図（表示設定操作卓）

4) 情報表示盤

ダム及び制御設備の仕様に関する事例を参考に、基本的な構成をデジタル表示計（約 10 + 8 + 1）、表示灯（約 14）とした。デジタル表示計はダム水文量、テレメータ水文量および日時時刻表示に分類した。

配列の概念図を図 3.5-6 に示す。

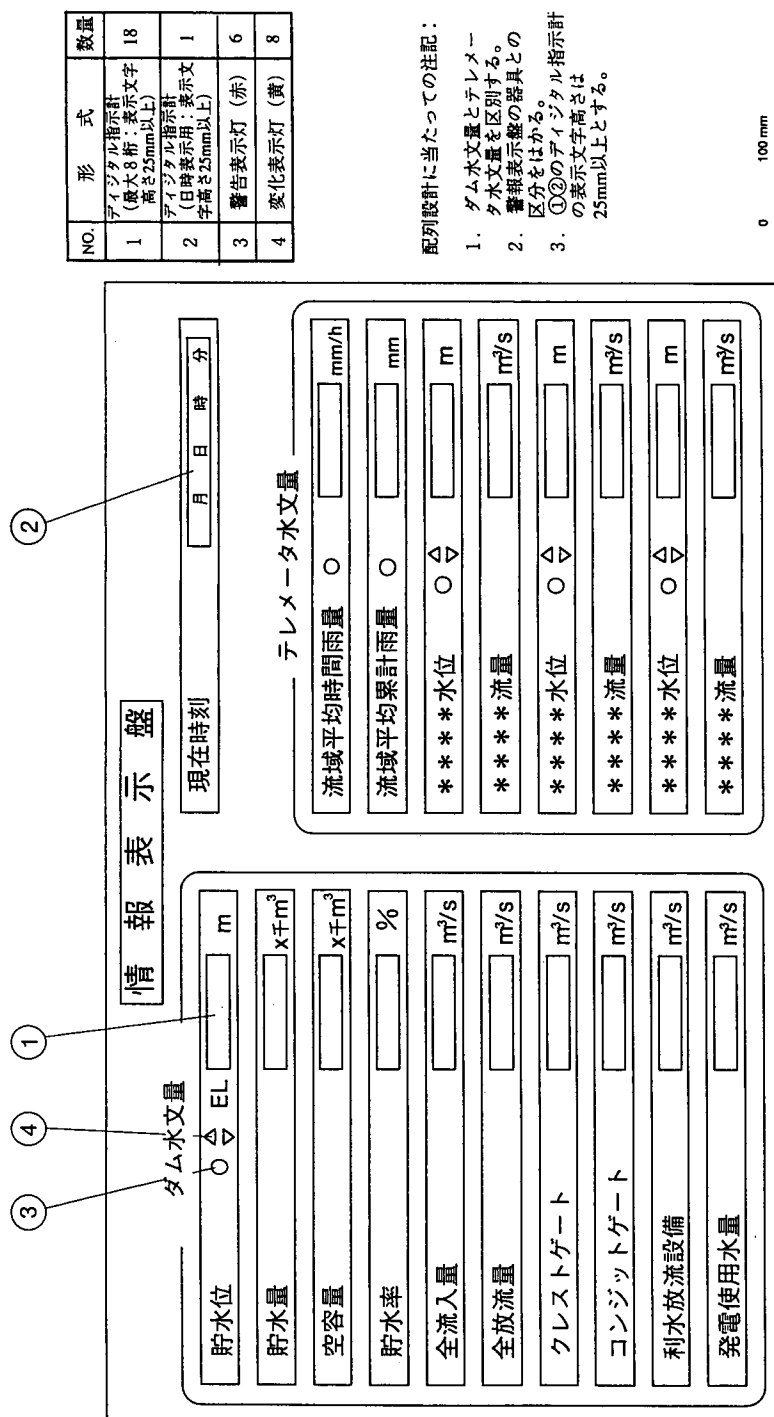


図 3.5-6 器具配列の概念図 (情報表示盤)

5) 警報表示盤

ダム及び制御設備の仕様に関する事例を参考に、基本的な構成を中分類警報表示灯（15）、警報制御器（1式）と想定して配列の概念図を作成した。その結果を図3.5-7に示す。

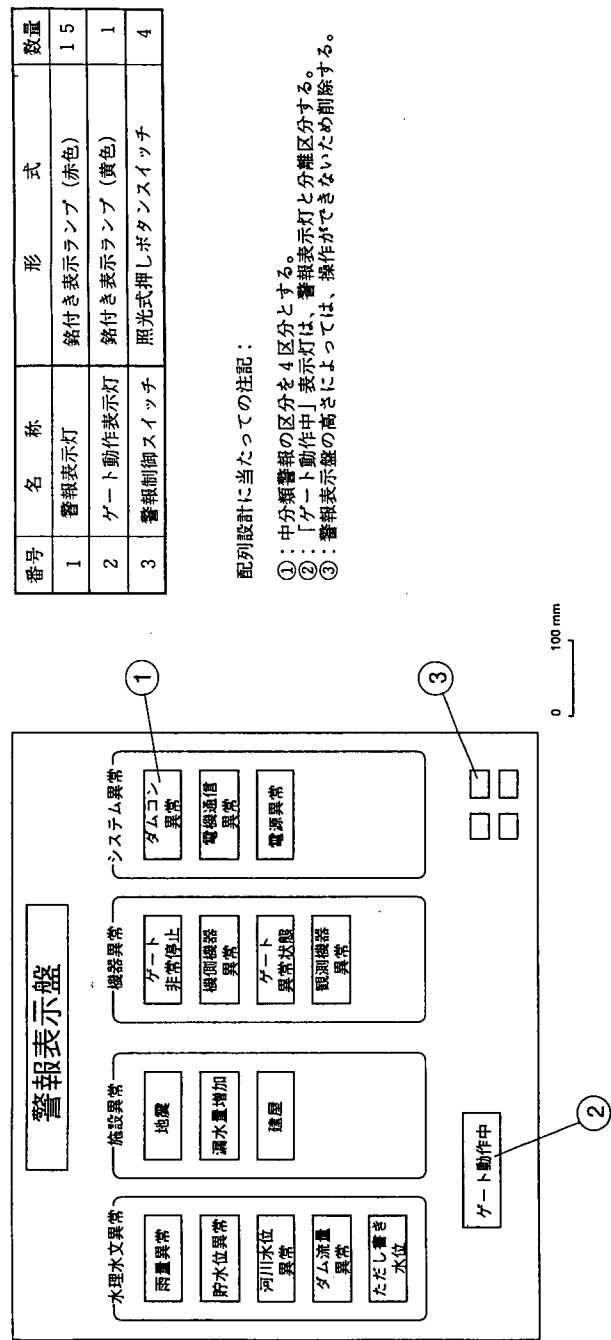


図 3.5-7 器具配列の概念図（警報表示盤）

3. 5. 4 試設計案の妥当性・実現可能性の検討

(1) 試設計案に対するヒアリングの実施

試設計を行う最終段階で、製作上の問題がないか等、試設計案の妥当性・実現可能性を検討した。

検討に当たっては、監視制御盤等の設計の専門家2名を対象として、試設計案の妥当性・実現可能性等についてヒアリングを実施した。以下に得られた意見を示す。

【概論】

- ・技術的には、製作上の問題は特になく考えられる。
- ・設計要求として優先されるべき事項、ある程度の自由度がある事項の区別を明確にしたほうがよい（点線と実線で区別するなど）。
- ・設計の根拠となるガイドライン項目を明示したほうがよい。

【操作室レイアウト】

- ・窓からゲートを直接目視できる場合とできない場合（ITV カメラを使用）をわけて考えたほうがよい。
- ・椅子の置き方により必要なスペースが異なる。前提とする人数配置の条件を明示したほうがよい。
- ・保守用スペースの確保が必要。
- ・書類棚、汎用パソコン、私物等の今回想定されないものを配置するスペースを考慮するように注記したほうがよい。
- ・隣接する部屋との関係、ドアの位置についても言及したほうがよい。
- ・ゲート操作をしないときの操作室の使い方を考慮したレイアウトについて注記したほうがよい。
- ・クレストの操作卓が離れた位置におかれているが、可能であれば、コンジットと並列したほうがよい。
- ・天井の高さ、壁との距離を適切に考慮すれば、窓の上に情報表示盤、警報表示盤を設置することも可能である（この場合、上向きの角度がつき過ぎないようにする）。

【コンソールの形状について】

- ・オーバービューを考慮すると、正面からみて後ろがさがっていたほうがよい。
- ・人間の作業姿勢を考慮して、前面のパネルは垂直ではなく、上向きに傾いていたほうがよい。
- ・ゲート操作卓は製作上のピッチを考慮して配列する。

【盤面の機器の選択および配置について】

- ・タッチパネルは厚さ50mm程度で埋め込みが可能なものがある。
- ・CRT画面の大きさは、20インチ程度までは設置可能である。
- ・表示灯、警報の制御ボタン（4種類）は、機能を考慮して配置を指定したほうがよい。
- ・警報の制御ボタンを盤面のどこにもってくるかについて考慮したほうがよい。
（上（表示部）に持ってくるという案もあるが表示と操作の区別という意味からは好ましくない。また、横の並びの中で中央にもってくる、という考え方もできる。）
- ・シーケンスを意識する必要がある場合には、状態表示灯は横並びの方がよい。
- ・キー付きスイッチは、制御回路の電源ではなく操作の許可を意味するものである
- ・各ゲートごとに同じキーを用いると同時操作が不可能となる利点はある。
- ・各ゲートが操作可能な状態かどうかを明示する表示がない（現状の制御設計ではない）。
- ・個々の操作機器・表示機器に銘板をつけるのかつけないのかの指定をしたほうがよい。特に現在開度と目標開度などについては指定が必要である。
- ・銘板をつける場合には用語の統一に注意する。実際の設計に際してはオペレータにとってわかりやすい呼び方を反映するように注記したほうがよい。

【表示盤・警報盤】

- ・盤の大きさは概略の大きさを指定し、デジタル指示計の文字をできるだけ大きくする（文字高さ25 mm以上）。
- ・デバイスはいろいろなものがあるので特に問わない（ドット表示などは便利で安価である）。
- ・ゲート操作中ボタンの位置は下部で良いか。
- ・警報制御ボタンの位置は、盤が高い位置に設置される場合には操作できない。

【その他】

- ・タスク分析結果に基づく、人間と機械との役割分担、あるいはゲート操作以外のタスクとの関わりなどを含め、基本的なシステム設計の考え方を検討することが重要である。
- ・機側の情報をどこまでもってくるか、どのように表示するかを検討も必要である。
- ・そのために、CRTなどの導入、あるいは自動記録機能の導入なども考えられる。
- ・ダム全体あるいは水系全体の総合的なタスクを考慮したゲート操作設備を検討するべきである。
- ・個別のダムの制御室内だけで閉じた検討では、全体の中でミスマッチが生じる可能性がある。

（2） 検討結果

得られた意見を検討した結果、全般的には妥当性・実現可能性については技術的な問題は得られなかった。ただし、意見の中には、試設計段階で反映しておくべき事項がありこれを反映することとした。

今回実施したヒアリングでは様々な意見が得られたが、ヒアリングの対象が制御盤の設計者のみであることから、実際の操作設備の仕様の検討では、設置する環境や運用を考慮して総合的に決められるべきものであると考えられる。

（3） 試設計への反映

得られた意見に基づき、試設計段階で考慮すべきものとして下記を主体に試設計の修正を行った。

（操作室レイアウト）

- ・ 操作位置の明記
- ・ 設計要求として優先される事項の明記
- ・ 詳細設計で考慮すべき事項

（操作卓形状）

- ・ オーバービューの考慮
- ・ 表示部の傾斜
- ・ 操作卓上の各ゲート表示操作グループ配列ピッチの考慮

（盤面器具配列）

- ・ 表示灯配列、警報表示灯配列、警報制御スイッチ配列の明記
- ・ 指示計の用途の明記

（情報表示盤・警報表示盤）

- ・ デジタル表示計の表示文字大きさの明記
- ・ 警報制御スイッチの位置付け

4 . 今 後 の 課 題

はじめに他設備におけるマン・マシンインタフェースの設計指針及び評価手法に関する調査を行い、その結果を踏まえて、ダム用ゲート操作制御のマン・マシンシステムの設計指針の検討及び評価手法の素案の検討を行った。その検討結果を踏まえ、ダム用ゲート操作制御タスクを前提としたより詳細かつ具体的な実用に資する設計指針ならびに評価手法の検討を行った。

具体的な作業内容は次のとおりである。

- －フィールド調査を実施することによりデータ収集を行い、実際のダム用ゲート操作制御タスクを分析することによりタスクの特性を抽出した。
- －抽出されたタスク特性を、作成した設計指針の素案にあてはめて、ダム用ゲート操作制御のマン・マシンシステムを対象とした独自の設計指針を検討した。
- －さらに、ここで得られた設計指針を基本としたチェックリストを作成することにより、評価手法を具体化した。

このように、本調査において作成したガイドライン及びチェックリストは、ダム用ゲート制御の特徴を考慮したうえで設定されたものである。しかしながら、ガイドラインの作成においては、特定のダムにおける現状のタスクをモデルとしているため、それぞれの異なるダムの現場に適用する際には、実情に即した微調整や解釈が必要になると考えられる。

また、現状ではコンピュータ化、自動化のレベルがダムによって様々であるが、今後は他産業分野と同様徐々に推進されていく傾向にあると思われる。より高いレベルのコンピュータ化、自動化はタスクの特性に大きな変化をもたらすものであるため、導入の際にはより深い検討が必要となる。

なお、本調査は操作設備のマンマシンインタフェースの設計の在り方についての検討を行ったものであるが、可能なかぎりヒューマンファクタを考慮しタスク環境を最適なものとするためには、インタフェース設計のガイドラインを適用するだけでは完全とはいえない。例えば、現状では、時間的余裕があり比較的容易で操作員への負荷が少ない通常時のタスクに照準をあわせてタスクが設計され、それが前提となって規則や設備が運用されていることがフィールド調査により見いだされた。しかしながら、今後はその前提自体を見直していくことが必要であると考えられる。この前提が適用できない状況、すなわち、時間的に緊迫し、かつタスクの複雑化にともない身体的・認知的な作業負荷が増大し、しかも誤った判断や操作が致命的な結果をもたらすような緊急事態を十分に視野に取り入れる必要がある。そして、そのような視点から、体制、演習、規則及びその運用、さらには自動化といった側面に対する総合的な検討を行うことも重要であり不可欠であると考えられる。

あ　と　が　き

ダム用ゲートのより安全・安定的な運用を図ることを目的として、操作員と設備により構成されるシステムを人間－機械系の観点から検討し、その機能を最適な状態に構成するための方策として、フィールド調査により抽出したタスク特性に基づきダム用ゲート操作設備のマンマシンインタフェース設計ガイドライン（原案）を作成した。本資料が今後のダム操作設備の設計に有効に活用されることを願う次第である。

なお、今回作成したガイドライン（原案）は、原子力プラント等の他分野におけるマンマシンインタフェース設計技術を参考として、一般的と思われるダム用ゲートの運転タスク例を基に作成したものである。したがって、特定のダム操作設備の設計へ活用を図る際には、当該ダムの目的や機能及び管理体制、設備構成等について十分考慮し、適用性を検討する必要がある。

最後に、調査を実施するに当たっては、ダム管理所を始め、地方建設局、水資源開発公団の皆様方にご協力いただいた。ここに記して感謝の意を表するものである。

<付録 1 >

ダム用ゲート操作設備のマンマシンインターフェイス 設計ガイドライン(原案)

本ガイドライン（原案）は、原子力プラント等の他分野におけるマンマシンインタフェース設計技術を参考として、一般的と思われるダム用ゲートの運転タスク例を基に作成したものである。したがって、特定のダム操作設備の設計へ活用を図る際には、当該ダムの目的や機能及び管理体制、設備構成等について十分考慮し、適用性を検討する必要がある。

ダム用ゲート操作設備

マンマシン設計ガイドライン(原案)目次

<u>1. 総則</u>	G-1	<u>4. CRT</u>	G-50
		4. 1 設定	G-51
<u>2. 操作室</u>	G-2	4. 2 表示系	4. 2. 1 構成 G-53
			4. 2. 2 要素設計 G-56
2. 1 作業空間	2. 1. 1 構成 G-3	4. 3 操作系	4. 3. 1 構成 G-57
	2. 1. 2 要素設計 G-4		4. 3. 2 要素設計 G-58
	2. 1. 3 配置 G-7		
2. 2 作業環境	2. 2. 1 温熱 G-9	4. 4 画面構成	G-59
	2. 2. 2 照明 G-10	4. 5 画面体系	G-60
	2. 2. 3 色彩 G-14		
	2. 2. 4 居住性 G-15		
	2. 2. 5 音環境 G-16		
<u>3. 操作盤</u>	G-17	<u>5. グラフィック・視</u>	G-61
3. 1 表示機器	3. 1. 1 構成 G-18	5. 1. 1 構成	G-62
	3. 1. 2 要素設計 G-19	5. 1. 2 要素設計	G-63
	3. 1. 3 配置 G-27	5. 1. 3 配置	G-64
3. 2 操作機器	3. 2. 1 構成 G-28		
	3. 2. 2 要素設計 G-29		
	3. 2. 3 配置 G-35		
3. 3 警報	3. 3. 1 構成 G-38	<u>6. その他の機能</u>	G-65
	3. 3. 2 要素設計 G-39	6. 1 コミュニケーション支援	G-66
	3. 3. 3 配置 G-40	6. 2 ガイダンス機能	G-67
3. 4 ミミック	G-41	6. 3 エラーの許容	G-68
3. 5 ラベリング	3. 5. 1 形態・内容 G-42		
	3. 5. 2 配置 G-45		
3. 6 盤全体	3. 6. 1 色彩 G-46		
	3. 6. 2 レイアウト G-47		

1. 総則

— 目的 —

このガイドライン(原案)は、ダムに設置するゲート設備の操作制御設備について、マンマシンインタフェースの充実を図ることにより、洪水調節及び流水管理の安定性及び安全性の向上に資することを目的とする。

【解説】

- (1)このガイドライン(原案)は、ダムに設置されるゲート操作設備のマンマシンインタフェースの向上に係わる技術的留意事項の体系化を図り、その水準の維持と向上に資するものである。
- (2)このガイドラインは、総則、操作室、操作盤、CRT、グラフィックパネル、その他の機能の6章で構成されており、各章は、それぞれの設計に係わるマンマシンインタフェースの機能確保のための要件及び参考となる諸事項を内容としている。
- (3)本文では、各該当項目毎にマンマシン設計の一般的原則を示した。さらに一般的原則に関する(補足)事項として設計のための諸数値を示すとともに、(参考)事項として既存のガイドライン等からの抜粋を記載している。また、ダム操作のタスクに特化したマンマシン設計のための留意事項として、ダム操作制御設備のマンマシン設計に関する具体的な(例)を示した。特に、異常時に配慮すべき項目には、「異常時への配慮」と付記した。

— 適用範囲 —

このガイドライン(原案)は、ダム管理所に設置される操作制御設備を対象とする。

【解説】

- (1)本ガイドライン(原案)は操作制御室の室内環境及び室内に配置するゲート操作盤、情報処理卓、情報表示盤、放流警報装置、モニタTV、机等の空間配置、及び操作盤とCRTにおける情報表示・操作機器のマンマシン設計に関して適用する。
- (2)本ガイドライン(原案)は一般的なダム放流設備操作タスクを基に作成されたものであり、特定のダム操作設備の設計への反映に当たっては、当該ダムの特性及び管理体制等を十分考慮した上で適用を図ることが必要である。
- (3)本ガイドラインは、以下の項目についての条件がすでに設定されていることを前提としたものである。したがって以下の項目は、別途、十分に検討されたものでなければならない。
 - ・作業体制
 - ・作業設備
 - ・作業方式(機側操作/遠方操作および自動化レベル)
 - ・計装・制御システムの考え方
 - ・ゲート操作および機器状態の把握のために提供される情報の種類

2. 操作室

この章は、「操作室」のマンマシン設計についてまとめたものである。具体的には、

- －操作室内に設置される各種設備の設計及び配置
- －操作室の環境（居住性、作業のしやすさ）

等に関する項目が、以下のように構成されている。

2. 1	作業空間	2. 1. 1	構成.....	G-3
		2. 1. 2	要素設計 A 共通.....	G-4
			B 操作盤・グラフィックパネル.....	G-4
			C 机・椅子.....	G-4
			D その他.....	G-6
		2. 1. 3	配置.....	G-7
2. 2	作業環境	2. 2. 1	温熱.....	G-9
		2. 2. 2	照明.....	G-10
		2. 2. 3	色彩.....	G-14
		2. 2. 4	居住性.....	G-15
		2. 2. 5	音環境.....	G-16

2. 1 作業空間

2. 1. 1 構成

操作室内の構成を決定する際には、以下の点に留意すること。

(1)操作室内の構成は、要員人数・構成、ゲート操作タスクの特性および動き、構成要素への接近性、要員間コミュニケーション等考慮して定める。

(2)構成の考え方に基づき、ゲート操作に必要な盤・パネル等の各構成要素の機能の割当、分担を定める。

2. 1. 2 要素設計

A 共通

(1)構成要素の設計や寸法は次の要件について考慮されていること。

- －居住性
- －人間の寸法、動作、姿勢への適合性
- －操作しやすさ
- －保守のしやすさ

B 操作盤・グラフィックパネル

(1)操作盤・グラフィックパネルの形状・寸法は、操作姿勢及び操作盤での作業、盤面設置機器の配置を考慮して設計する。

<参考データ>

JEM 1459 配電盤・制御盤の構造及び寸法

JEM-TR 136 監視・制御・操作用装置の設計のための身体計測値

<補足データ> (NUREG-0700 Rev.1)

- －立位操作盤における1人の操作員に対する表示・操作の横幅は72インチ(183cm)以下とする
- －できるだけ卓の正面には最低4フィート(122cm)の床スペースを設ける。
- －コンソールの前の床には最低4インチ(10cm)の空間を設ける。

(2)書類の読み書き(記録等)のスペースが必要な場合は表示・操作を妨げない場所に設ける。

C机・椅子

(1)椅子は、回転及び移動が容易にでき、背もたれ、ひじ掛け、クッションは座りやすく、高さを調節できるように設計する。

(2)机の大きさ、高さは、操作員の身体寸法及び作業内容に適合させる。

<参考データ>

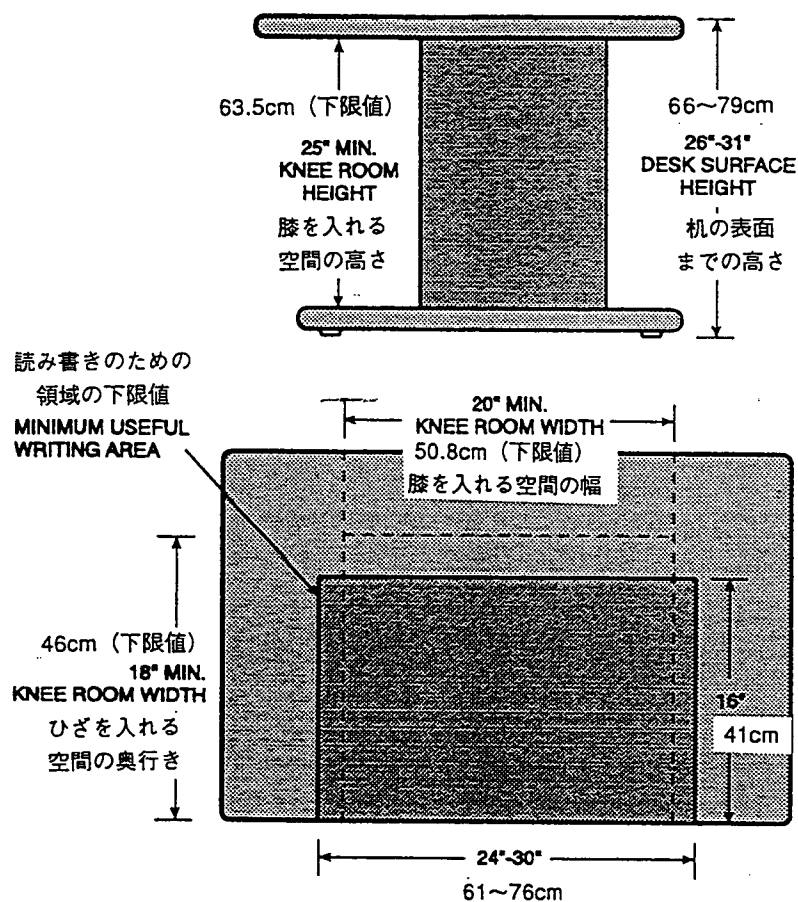
JEM-TR 136 監視・制御・操作用装置の設計のための身体計測値

<補足データ> (NUREG-0700 Rev.1)

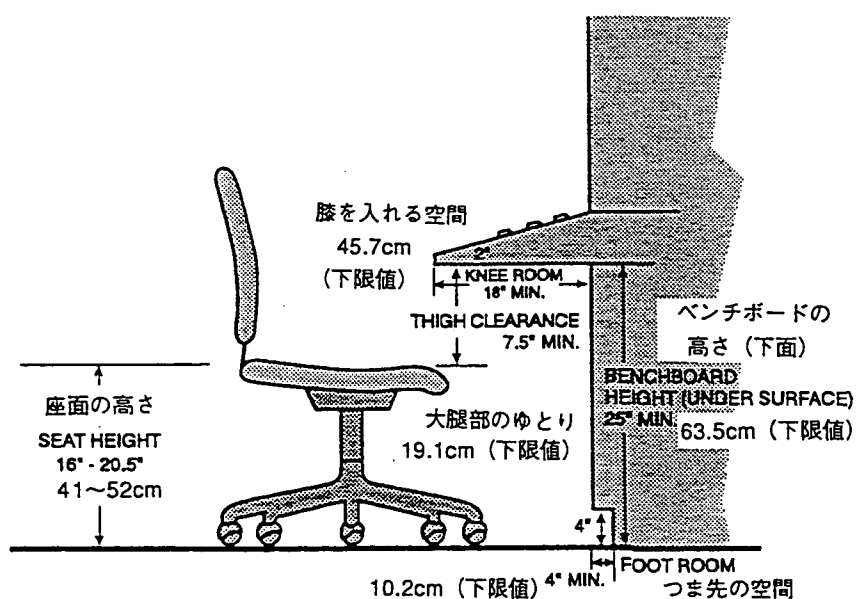
- ・机の寸法及び椅子の寸法の推奨値を図G-1、図G-2に示す。

2. 1 作業空間

2. 1. 2 要素設計



図G-1 机の寸法の推奨値



図G-2 操作卓と椅子の寸法の推奨値

2. 1 作業空間

2. 1. 2 要素設計

Dその他

(1)運転に必要な資料・資材は、使い易い場所に、使い易い形で保管できるように保管場所を設ける。

(2)予備品、運転用消耗品（表示灯のランプ、ヒューズ等の予備部品）は、操作室の中の指定された保管スペースに十分な量保管され、使い易い形で供給されるように設計する。

(3)すべての部品について、明瞭にラベルや印をつけること。

(4)部品の取り換えと在庫の記録をつけるようにすること。

2. 1. 3 配置

(1)各種運転操作での各構成要素間の要員の動き、動線を考慮して構成要素を適切に配置する。

(2)操作室の要員組織、作業分担で運転ができるように操作設備を配置する。

(3)操作員は、作業位置を離れないで運転できるように操作設備を配置する。

<例>

ゲート操作員は、ゲート操作盤の前に座った状態で、ゲート操作に必要な全ての表示を読み、操作機器を操作することが可能となるように、操作盤上に表示器・操作機器を配置する。また、定位置からゲートの動きが目視できるように、操作盤を設計・配置することが望ましい。直接目視が不可能な場合はモニタディスプレイを設置する。

(4)操作員は作業位置ですべての操作表示パネルを見ることができるようにより操作設備を配置する。

(5)操作室の要員間で、作業位置で相互に会話ができるように操作設備を配置する。

(6)操作室内の配置は、操作員が障害なく動けるように操作設備を配置する。

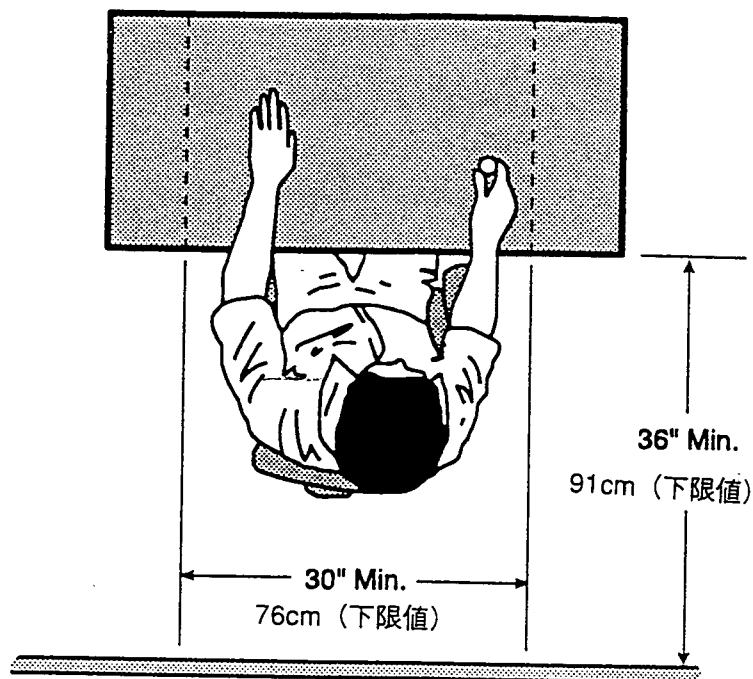
<補足データ> (NUREG-0700 Rev.1)

操作室の構成要素（操作設備、机等）間のスペースの推奨値を図G-3及び図G-4に示す。

2. 操作室

2. 1 作業空間

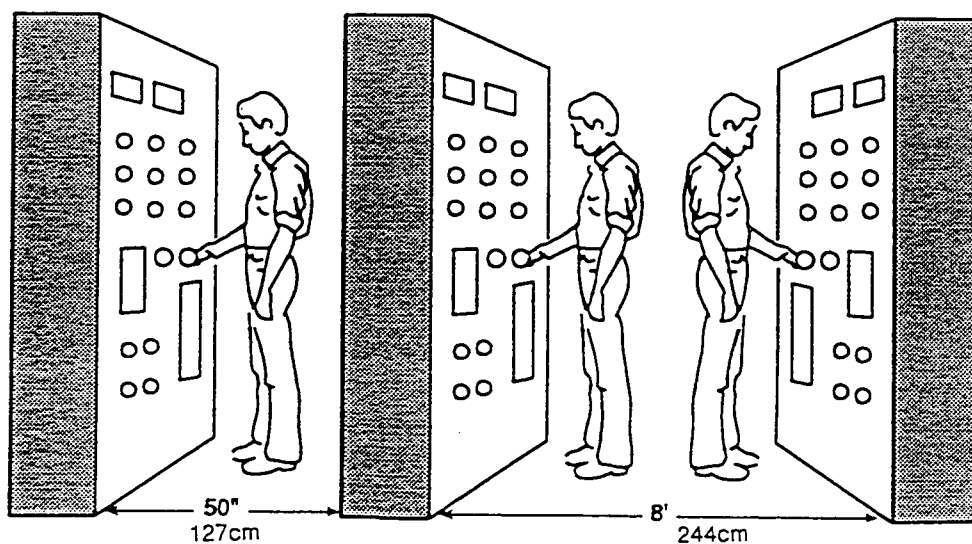
2. 1. 3 配置



図G-3 座位の操作員に適した空間寸法

Single panel or facing panels
worked by a single operator

Facing panels where operations or maintenance tasks must
be performed simultaneously by more than one person



図G-4 装置の間隔

2. 2 環境

2. 2. 1 温熱

(1) 快適な温度、湿度、換気を維持する空調設計とする。

<補足データ> (NUREG-0700 Rev.1)

以下の値が推奨されている。

- 温度65~75° F (18~24° C)
- 湿度20~60%
- 床面・頭位の温度差10° F (5.6° C)

2. 2. 2 照明

(1) 盤面設置計器、ラベル等を充分認識でき得る照度とする。

(2) 反射・グレア等の起こらない照明とする。

＜参考＞グレアを制限する方策（図説エルゴノミクス）

- －拡散パネルを使用する。
- －プリズムパネルを使用する。
- －ルーバを使用する。
- －水平方向からランプが見えないように設置する。

(3) CRT画面が見やすい設計とする。

＜参考＞画面を見やすくする方策（図説エルゴノミクス）

- －キーボードや入力用原稿に500～1000 lx の水平面照度を与える。
- －CRT表面の鉛直面照度を200～500 lx になるように適切に制御する。
- －作業面とその周辺部との極端な輝度の差を避ける。
- －CRT表面への高輝度物体の映り込みを防止する。
- －適切に配光が制御された照明器具を使用する。

(4) 非常用照明を用意し、通常の照明が使用できない時でも操作ができる。

＜参考データ＞

JEM-TR 170 監視制御室の照度基準

＜補足データ＞（NUREG-0700 Rev.1）

照明設計基準を表G-1, G-2, G-3に示す。

2. 2 環境

2. 2. 2 照明

表G-1 照度基準

作業領域またはタスクのタイプ Work Area or Type of Task	タスクに必要な照度、足灯 Task Illuminance, footcandles		
	下限値 Minimum	推奨値 Recommended	上限値 Maximum
操作盤、主要な作業領域 Panels, primary operating area	20	30	50
補助パネル Auxiliary panels	20	30	50
指示計の読み取り Scale indicator reading	20	30	50
座位の操作位置 Seated operator stations	50	75	100
読み取り Reading: - 手書き (鉛筆) handwritten (pencil) - 印刷またはタイプ printed or typed	50 20	75 30	100 50
書くことまたはデータの記録 Writing and data recording	50	75	100
保修または書く作業の領域 Maintenance and writing areas	20	30	50
緊急時の操作 Emergency operating lighting	10	上記の領域または タスクと同様 As above for area/task	

2. 2 操作室

2. 2 環境

2. 2. 2 照明

表G-2 タスク領域との最大輝度比

領域 Areas	輝度比 LuminanceRatio
タスク領域：周囲のより暗い領域 Task area versus adjacent darker surroundings	3:1
タスク領域：周囲のより明るい領域 Task area versus adjacent lighter surroundings	1:3
タスク領域：隣接しない暗い外面 Task area versus more remote darker surfaces	10:1
タスク領域：隣接しない明るい外面 Task area versus more remote lighter surfaces	1:10
光源：隣接する外面 Luminaires versus surfaces adjacent to them	20:1
光源：通常の視野の範囲内 Anywhere within normal field of view	40:1

表G-3 作業場の反射率の推奨値

表面 Surface	反射率 Reflectances	
	推奨値 Preferred	許容範囲 Permissible
天井 Ceiling	80%	60-95%
壁の上部 Upper Wall	50%	40-60%
壁の下部 Lower Wall	15-20%	
機器／表示類 Instruments/Displays	80-100%	
キャビネット／ コンソール Cabinets/Consoles	20-40%	
床 Floor	30%	15-30%
備品 Furniture	35%	25-45%

2. 2 環境

2. 2. 2 照明

表G-4 表面の色による反射率の違い

色 Color	反射率 Reflectance
白 White	85
淡色 Light:	
クリーム Cream	75
グレー Gray	75
黄色 Yellow	75
黄褐色 Buff	70
緑 Green	65
青 Blue	55
中間色 Medium:	
黄色 Yellow	65
黄褐色 Buff	63
グレー Gray	55
緑 Green	52
青 Blue	35
暗色 Dark:	
グレー Gray	30
赤 Red	13
茶 Brown	10
青 Blue	8
緑 Green	7
木目仕上げ Wood Finish:	
カエデ Maple	42
着色材 Satinwood	34
オーク材 English oak	17
くるみ Walnut	16
マホガニー Mahogany	12

2. 2. 3 色彩

(1)快適な視環境を提供する調和の取れた色彩設計とする。

<参考> (図説エルゴノミクス)

- 天井、壁、床とのバランスを考えて統一感をもたせる。
- 一般に、床の色はベージュ系が好まれやすい。

<参考データ>

JEM 1135 配電盤・制御盤及びその取付器具の色彩

2. 2. 4 居住性

(1) 什器、備品等を含め、総合的に快適な居住性をもっている。

<参考> (図説エルゴノミクス)

① 圧迫感をなくす。

ー 床面積に対する最適な部屋の高さを確保する。

床面積	部屋の高さ
50～150m ²	2.8～3.0m
150～300m ²	3.2～3.5m

ー 操作室が狭い場合、他の部屋、廊下との間仕切りにガラスを用いると効果的である。

② 電気室的でなく、居室的なイメージとする。

ー 適度の明るさのある明るいイメージの部屋とする。

ー 余裕のある最適な大きさのある空間を確保する。

ー カーペットを用いることにより落ち着いた雰囲気を演出することができる。

ー 操作卓はソフトなデザインとし、CRTを利用してシンプルな構成とする。

ー 操作員の視野に不必要なものが映らない室内構成とする。

2. 2. 5 音環境

(1) 操作員が相互に通常会話ができる充分低い騒音レベルであり、適切な残響をもつ音響環境設計とする。

<補足データ> (NUREG-0700 Rev.1)

以下の値が推奨されている。

- 騒音レベル 65dB(A)以下
- 残響 1秒以内

3. 操作盤

この章は、「操作盤」のマンマシン設計についてまとめたものである。制御盤を構成するインタフェース要素としては、

- －表示機器
- －操作機器
- －警報
- －ミミック表示
- －ラベリング

という5種類に区分した。はじめに、それぞれの要素について個別に設計及び配置に関する要件を整理し、最後に盤全体としての色彩及びレイアウトについて考慮すべき項目をまとめた。構成は以下のとおりである。

3. 1	表示機器	3. 1. 1	構成.....	G -18
		3. 1. 2	要素設計 A 共通.....	G -19
			B メータ.....	G -23
			C 表示灯.....	G -24
			D カウンター.....	G -24
			E 音声.....	G -25
			F その他.....	G -26
		3. 1. 3	配置.....	G -27
3. 2	操作機器	3. 2. 1	構成.....	G -28
		3. 2. 2	要素設計 A 共通.....	G -29
			B 押しボタンスイッチ.....	G -31
			C 回転スイッチ.....	G -32
			D その他.....	G -34
		3. 2. 3	配置.....	G -35
3. 3	警報	3. 3. 1	構成.....	G -38
		3. 3. 2	要素設計 A 表示警報.....	G -39
			B 音声警報.....	G -39
		3. 3. 3	配置.....	G -40
3. 4	ミミック			G -41
3. 5	ラベリング	3. 5. 1	形態・内容.....	G -42
		3. 5. 2	配置.....	G -45
3. 6	盤全体	3. 6. 1	色彩.....	G -46
		3. 6. 2	レイアウト A 全般.....	G -47
			B 表示と操作機器の関連（配置）	G -49
			C 表示と操作機器の関連（動き）	G -49

3. 1 表示機器

3. 1. 1 構成

(1)情報の目的、内容、性質、周囲条件に適合した表示方式とする。

<例>

表G-5 情報と特徴に適した表示形式

情報の特徴	適した表示形式
緊急を要する情報／ 確実に伝達すべき情報	視覚+聴覚表示
複雑な情報／持続性が必要な情報	視覚表示
警報的な意味を持つ情報	表示灯
数量的な変化を確認すべき情報	デジタルではなくアナログメータ
トレンドが重要性を持つ情報	トレンドグラフ
値が急速に変化する情報	アナログメータあるいはトレンドグラフ
その他の定量的な情報	デジタル表示
(2次元、3次元的な情報)	(CRT表示)

(2)安全に関わる表示機器には、適切な冗長性を持たせる。

<例>

- ・主要な機器の状態を示す表示灯や開度計等は2系統とし、故障時には即座に切り替えられるようにする。

<異常時への配慮>

- ・機側からの重要な情報は複数の経路、方法で確認できるようにする。例えば、電気信号だけではなく、カメラ画像による目視も可能とする、など。

3. 1. 2 要素設計

A 共通

(1)タスクに関連する情報はすべて提示する。

＜例＞

- ・例えば次のような情報が必要である。
時刻、ダムの状態、ゲート状態、制御系の状態、流域の水文データ等

＜異常時への配慮＞

- ・適切な対応行動を決定するために、ダム及び上流下流の状況、今後の推移予測に必要な関連情報を提示すること
- ・詳細なゲート機器に関する詳細な情報は基本的には機側で確認することになっているが、悪天候等により機側に行けない場合に備えてできるか遠方操作室でも確認できるようにする。
- ・異常状態の把握がしやすいように、（特に異常時対応タスクにおいては）必要な情報はできるだけ判断基準もあわせて提示すること
- ・異常の原因診断に関連する、ゲート設備に関する背景情報（更新工事、点検、ゲート操作の履歴など）が、必要に応じて得られるようにすること

(2)現在のシステム状態を明確にわかりやすく提供する。

＜例＞

- ・例えば次のようなシステム状態が明確に表示されなければならない。

タスク進行状態	設定値入力待機中／演算処理中／ 圧着・脱着中／ゲート動作中
ゲート状態	全閉／全開／中間状態（開度）
ゲート動作状況	ゲート停止／開動作／閉動作
圧着状態	全着／全脱
圧着動作中	圧着中／脱着中
操作卓電源	on / off
ゲート操作受入	操作可／不可／ゲートの除外

＜異常時への配慮＞

- ・ゲート除外タスクなど自動化されているタスクにおいては、操作員が常に状況を把握できるような情報（除外されたゲートの識別、異常の状態、原因など）を提供する。

3. 1 表示機器

3. 1. 2 要素設計

(3)人間の視力の限界や周囲の状態を考慮した細かさとする。

(4)文字・色彩コーディング等を適切にし、制御室内で統一する。必要な場合には色彩だけでなく形、位置などにより補助的にコーディングする。

<補足データ> (NUREG-0700 Rev.1)

表G-6, G-7に、パネル設計におけるカラーコーディングの標準的な使用、及び色の波長とマンセルコードを示す。

(5)計器の表面には、スケールの分割と目盛数字、表示されたパラメータの名前、単位を記す。

(6)解釈、解読、変換などが必要ない形で情報を提示する。

<例>

数値データは単位の換算が必要ないように通常使われる単位で表示する。
通常使われる用語を用い、必要以上に記号化、略号化をさける

(7)タスクに関連のない情報（トレードマークや会社名など）はすべて省略する。

3. 1 表示機器

3. 1. 2 要素設計

表G-6 パネル設計におけるカラーコーディング

色 Color	意味 Associated Meanings	注意の喚起 Attention-Getting Value	コントラストのよい色 Contrasts Well With
赤 Red	安全でない Unsafe 危険 Danger 警報状態 Alarm state 熱い Hot 開/流れている Open/flowing 閉/止まっている Closed/stopped	良好 Good	白 White
黄色 Yellow	危険 Hazard 注意 Caution 異常状態 Abnormal State 油 Oil	良好 Good	黒 Black 濃青色 Dark Blue
緑 Green	安全 Safe 満足 Satisfactory 通常状態 Normal state 開/流れている Open/flowing 閉/止まっている Closed/stopped	不十分 Poor	白 White
水色 Light blue (cyan)	助言 Advisory 炭酸水 Aerated water 冷たい Cool	不十分 Poor	黒 Black
濃青色 Dark Blue	助言 Advisory 非処理水 Untreated water	不十分 Poor	白 White
赤紫 Magenta	警報 Alarm state	良好 Good	白 White
白 White	助言 Advisory 蒸気 Steam	不十分 Poor	緑 Green 黒 Black 赤 Red 濃青色 Dark blue 赤紫 Magenta
黒 Black	背景 Background	不十分 Poor	白 White 水色 Light blue 黄色 Yellow

2. 作業室

3. 1 表示機器

3. 1. 2 要素設計

表G-7 パネル設計に用いられる色の波長とマンセルコード

色の名前 Color Name	優勢な波長 (ナノメートル) Dominant Wavelength(in nanometers)	マンセルコード Munsell Code
赤 Red	610	5.0R/3.9/15.4
黄色 Yellow	582	3.3Y/8.0/143
緑 Green	515	3.2G/4.9/11.1
水色 Light blue (cyan)	494	2.7GB/7.9/6.0
濃青色 Dark Blue	476	2.9PB/4.1/10.4
赤紫 Magenta	430	6.5P/4.3/9.2
白 White		2.5PB/9.5/0.2
黒 Black		N/0.8

3. 1 表示機器

3. 1. 2 要素設計

B メータ

(1)目盛り／スケールを適切に設計する。

- －目盛り、数字は標準を作成し、それに従う。
- －スケールの単位はタスクに必要な精密さと一致させる。
- －スケールは、時計回り、右、上が増大を示す。

(2)ポインタを適切に設計する。

- －ポインタの形状は単純で、目盛りに届き、かつ目盛りを隠さない。
- －作動中以外は、ポインターはスケール外にある（ゼロでなく）。
- －スケール可動・固定ポインタ式はできるだけ用いない。
- －ポインタの影や視差を考慮し、ダイアルの表面とポインタをできるだけ近付ける。

(3)状況の善し悪しの判断基準となるように、通常状態、通常状態の限界領域、異常状態の領域を明確に区別する。＜異常時への配慮＞

3. 1 表示機器

3. 1. 2 要素設計

C 表示灯

(1)周囲の照明等の影響を受けずに、点灯、消灯、点滅が明確であること。

(2)2灯または2フィラメント式を用いる。

(3)書かれている文字は簡潔で意味がわかりやすく読みやすくする。

(4)押ボタンスイッチと、形、大きさ等で明確に区別する。

(5)操作機器の状態だけでなく制御対象（ゲート等）の応答も示す。

<例>

ゲート動作中、圧着・脱中等を適切な方法（点滅等）で表示する。

D カウンター

(1)水平に配置し、読み誤差の生じない形のものを用いる。

(2)数値の変化は読み易いようにする。

(3)4桁以上を表示する時には、カンマ、小数点、スペース等を用いてグループ化する。

3. 1 表示機器

3. 1. 2 要素設計

E 音声（聴覚信号）

(1)聴覚信号は騒音のもとでも容易に聞こえる大きさとする。

(2)複数の音声を用いるときは、それらが同時に吹鳴した場合にも、明確に区別できるものとする。

<例>

操作要求音、ゲート動作中音、警報音、放流警報のサイレン、音声メッセージのそれぞれが明確に区別でき、この中のいくつかが同時になっても互いにかき消されないように音声の種類を割り当て、ボリュームを決定する。

<参考>（図説エルゴノミクス）

聴覚信号は、次の3つの要素により構成される。

- ・音の高さ（Hz）
- ・音の大きさ[dB(A)]
- ・音の時間特性

聴覚信号を目的別に設定するためには、このうち「音の時間特性」を用いる。

- ・連続音周期性あり 「ビビビビビ」というような「ビ」という周期が繰り返される
- ・連続音周期性なし 「ピー」と連続して鳴り周期を含まない
- ・断続音周期性あり 周期のある音が断続する
- ・断続音周期性なし 周期のない音が断続する

このほか、波形の立ち上がり方により区別される。

- －急な立ち上がり 緊急事態を即座に伝達する場合（警報など）
- －なめらかな立ち上がり 一定期間、常時鳴らせる必要がある場合（動作中音など）

(3)緊急事態を知らせるときには明らかに通常の音声信号とは異なるようにする。

3. 1 表示機器

3. 1. 2 要素設計

F その他

(1)システム／機器の故障は必ず操作員に提示する。

(2)多目的の表示機器については、現在の機能（モード）が必ず視覚的に示されるように設計する

(3)ゲート動作中など、連続的な監視が必要な表示器には音声によるバックアップを与える。

(4)操作員の操作を必要とする場合は、ライトの点滅により注意を引く

(5)目的、意味の異なる表示は明確に区別して示す。

<例>

日時・時刻などの表示はダムの状態、機器の状態を示す表示とは区別して示す。
時刻は、できれば秒単位まで示す。

3. 1. 3 配置

(1)人間の視力の限界や周囲の状態、情報の重要度を考慮して適切に配置する。

- －通常の操作に必要な情報は、通常の操作位置からよみやすい。
- －もっとも重要な表示はもっとも見えやすい場所に配置する。
- －頻繁に使われる表示はグループ化して見えやすい位置に配置する。

<異常時への配慮>

- ・特に、異常時対応タスクについてはタスク遂行の流れを考慮して適切に配置する。

<補足データ> (NUREG-0700 Rev.1) 次の値が推奨されている。

表示機器と眼の間隔	700～750mm (350mm以下にはしない)
床からの高さ	41～70インチ (約104～178cm)
見えやすい高さ (立位)	50～65インチ (127～165cm) の領域

(2)盤面の情報は、監視やチェックが容易であり、操作員がダム及びゲートの状態を素早く正確に把握できるように整然と配置する。

- －ゲートに関する情報の表示は実機ゲートの位置関係に対応して配置する。
- －機能的に関連する表示はグループ化されている。
- －グループ内では使用する順に左から右または上から下に並んでいる。

<異常時への配慮>

- ・ゲート除外など、自動で実行される一連のタスクに関連する情報はわかりやすくまとめて表示される。
- ・異常発生時の原因診断に備えて、通常タスクにはあまり使わない情報を提供できるようにする場合には、盤面の情報を整理して見やすくし、詳細情報は必要に応じて容易に参照できるように工夫する。

<例>

設計例 (図-3) を参照

(3)視差、反射、グレアを考慮して配置する。

(4)多数の表示機器を並べるときは以下の点に留意する。

- －表示機器は、縦ではなく横に並べる。
- －同型の小型表示灯は、幅広く並べない。
- －一連の小さな表示の数は20以下とする。
- －一行または一列に6つ以上の類似した表示を配置しない。

3. 操作盤

3. 2 操作機器

3. 2. 1 構成

(1)操作機器は、ゲート操作タスクに適合しており、操作員にとって使いやすく分かりやすいように設計・配置すること。

<異常時への配慮>

特に非常停止ボタンなど、異常時・緊急時に迅速な対応が要求される操作機器は瞬時に正しく操作できるようになっている。

(2)安全に関わる操作機器には、適切な冗長性を持たせること。

3. 2. 2 要素設計

A 共通

(1)操作機器の寸法、形態等が操作員に適合するように設計する。

<参考データ>

JEM-TR 136 監視・制御・操作用装置の設計のための身体計測値

(2)すべての操作機器は、操作した時に、視覚、音等でのフィードバックがあり、操作の実感が得られるように設計する。

(3)どんな照明条件でも操作機器の状態がわかるようにする。

(4)適切な寸法、形状（視覚・触覚）、カラーのコーディングを一貫して用いる。

<補足データ> (NUREG-0700 Rev.1)

以下の表を参照すること。

ーコーディングの選択 (表G-8)

ーカラーコーディング (表G-6, G-7)

(5)操作盤全体を通して、類似した機能を持つ操作機器には類似した外見をもたせる。

(6)操作機器の動きや配置は、習慣および操作対象の動きにしたがっており、操作対象がどの方向へ操作されるかを明確に示す。

<例>

ゲート開閉の押ボタンスイッチの配列は、実際のゲートの動きと合わせて

上部：開ボタン

下部：閉ボタン

を原則とする。

(7)偶発的な誤操作を防ぐように設計する。

<例>

意図せずに触れたために動作することがないように、操作に必要な力の大きさ、スイッチの動作方向を適切にする。特に、非常停止ボタンなど、重要でシステムへの影響の大きい操作機器は、偶発的に動作しないようにカバーなどにより保護されている。

3. 操作盤

3. 2 操作機器

3. 2. 2 要素設計

表G-8 コーディングのタイプとそれぞれの長所及び短所

長所 Advantages	コーディングのタイプ Type of Coding					
	位置 Location	形状 Shape	大きさ Size	運転モード Mode of Operation	ラベル Labeling	色彩 Color
視覚的識別性を高める Improves visual identification	X	X	X		X	X
非視覚的識別性を高める（触覚及び運動感覚） Improves nonvisual identification (tactual and kinesthetic)	X	X	X	X		
標準化に寄与する Helps standardization	X	X	X	X	X	X
照度が低い場合及び有色光の下での識別を補助する Aids identification under low levels of illumination and colored lighting	X	X	X	X	(透照された場合) (when trans-illuminated)	(透照された場合) (when trans-illuminated)
制御位置（座位）における識別を補助する May aid in identifying control position(settings)		X		X	X	
必要な訓練の量が少ない、忘れにくい Requires little(if any) training;is not subject to forgetting					X	
短所 Disadvantages						
余分なスペースを必要とする May require extra space	X	X	X	X	X	
制御機器の使用（使いやすさ）に影響する Affects manipulation of the use of the control(ease of use)	X	X	X	X		
利用できるコーディングのカテゴリ数に限度がある Limited in number of available coding categories	X	X	X	X		X
運転員が手袋を着用した場合効果が薄れる May be less effective if operator wears gloves		X	X	X		
制御機器が見えなければならない（例えば、視野の範囲内に入っている、適切な照明必要） Controls must be viewed(i.e.,must be within visualareas and with adequate illumination present)					X	X

3. 2 操作機器

3. 2. 2 要素設計

B 押ボタンスイッチ

(1)確実に操作されたことを、感触、音、点灯等で明確に示す。

<例> 例えば次のような区別の方法がある。

感触	へこむ。
音	押されたときに音が鳴る。あるいは警報などをクリアするボタンは、ボタンを押すことにより音が鳴りやむ。
点灯	ランプを内蔵したボタンの場合、操作の意味を考慮して、 消灯→（操作）→点灯 点灯→（操作）→消灯 点滅→（操作）→消灯 とする 等。

(2)表面に書かれている文字・記号は簡潔で意味が判りやすく読みやすくする。

- －文字や記号の大きさが適切であること。
- －操作の目的あるいは結果、ボタンの機能が誤解のないように一貫した用語を用いること。

(3)押ボタンスイッチと、表示灯は、形、大きさ等で明確に区別する。

<例>

表示灯ランプは押しボタンスイッチと同種の部品を用いない。表示灯は「押せない」ことが明確にわかるように、また、押しボタンスイッチはそれが「押しボタン」であることが形状により明確にわかるようにする。

(4)必要とする力の大きさが適切になるように設計する。

- －必要とする力が小さすぎると、意図せずに触れただけで動作してしまう。
- －必要とする力が大きすぎると、操作がスムーズに行えない。

(5)表面は滑らないようにする。

(6)押ボタンスイッチを接近して配置する場合には、バリアを設ける。

あるボタンを押したときに誤って隣接するボタンが押されてしまうことを避ける。

3. 2 操作機器

3. 2. 2 要素設計

C 回転スイッチ

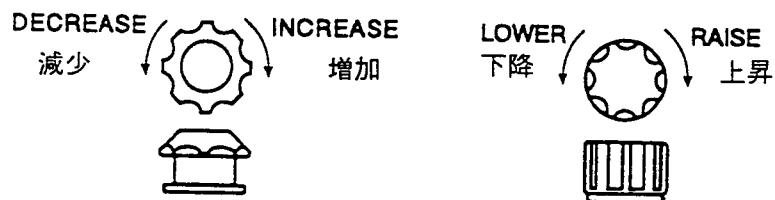
(1)多数の異なった機能に用いる場合には形状コーディングを用いる。

<参考データ>

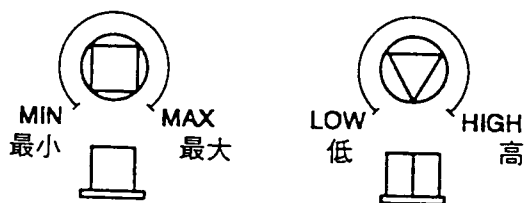
JEM 1137 配電盤・制御盤用ねん回形スイッチのとしての形状

<補足データ> (NUREG-0700 Rev.1)

形状コーディングの例を図G-5, G-6, G-7に示す。



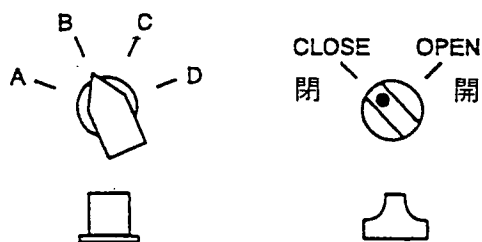
図G-5 つまみの形状コーディング (多段階の回転)



図G-6 つまみの形状コーディング (連続的な回転)

3.2 操作機器

3.2.2 要素設計



図G-7 つまみの形状コーディング（不連続値）

(2)時計回りで増大あるいは動作する。

例：電源スイッチでは時計回り操作でONとなる。

(3)回転操作機器はセキュリティ上必要な場合には、キー付を用いる。

3. 2 操作機器

3. 2. 2 要素設計

D その他

(1)非常用の操作機器（例えば、非常停止用押ボタンスイッチ等）の操作は簡素であり、操作に要する時間は極力短くする。

(2)非常用の操作機器の操作は他の機器との識別性が高く若干大きめとする。

<異常時への配慮>

非常停止ボタンなどは、他の機器に比べて目立ち、瞬時に見付けられる。

(3)意図しない動作が危険な結果を引き起こしうる場合には、操作機器は奥まったところに配置するか、物理的な障壁で保護する（例：蝶番式のプラスチックカバーなど）。

3. 2. 3 配置

(1)操作機器は人体寸法に基づいて適切に配置すること。

- ー操作機器は、その機器を担当する操作員から届く位置に配置する。
- ーもっとも頻繁に用いられる操作機器は、もっとも手が届きやすくつかみやすい位置に配置する。

<参考データ>

JEM-TR 136 監視・制御・操作用装置の設計のための身体計測値

<補足データ> (NUREG-0700 Rev.1)

以下の値が推奨されている。

操作機器の最適配置域	肘が90° ~135° となるような範囲
肩背面より機器までの寸法	手で動かす場合：480mm以下 指で動かす場合：540mm以下

(2)ゲート操作機器の配列は、実機ゲートの配列と同様とする。

(3)その他の配列は、ロジック順、手順シーケンス順とする。

(4)シーケンシャルな操作に用いる操作機器は、使う順に左から右、あるいは上から下へと配置され、グループ化されている。

(5)隣接する機器との間隔は適切にし、制御操作が、隣の他の操作機器によって妨げられたり、隣の機器に触れてしまうことがないようにする。

<補足データ> (NUREG-0700 Rev.1)

操作器具の間隔の下限値を表G-9に示す。

操作器具の間隔の計測点を図G-8に示す。

(6)操作員の移動や日常的な動作により、偶発的に動かされることがない位置に配置する。

(7)保守のためだけに用いられる操作機器や表示のグループは主要な操作スペースの中には配置しない。

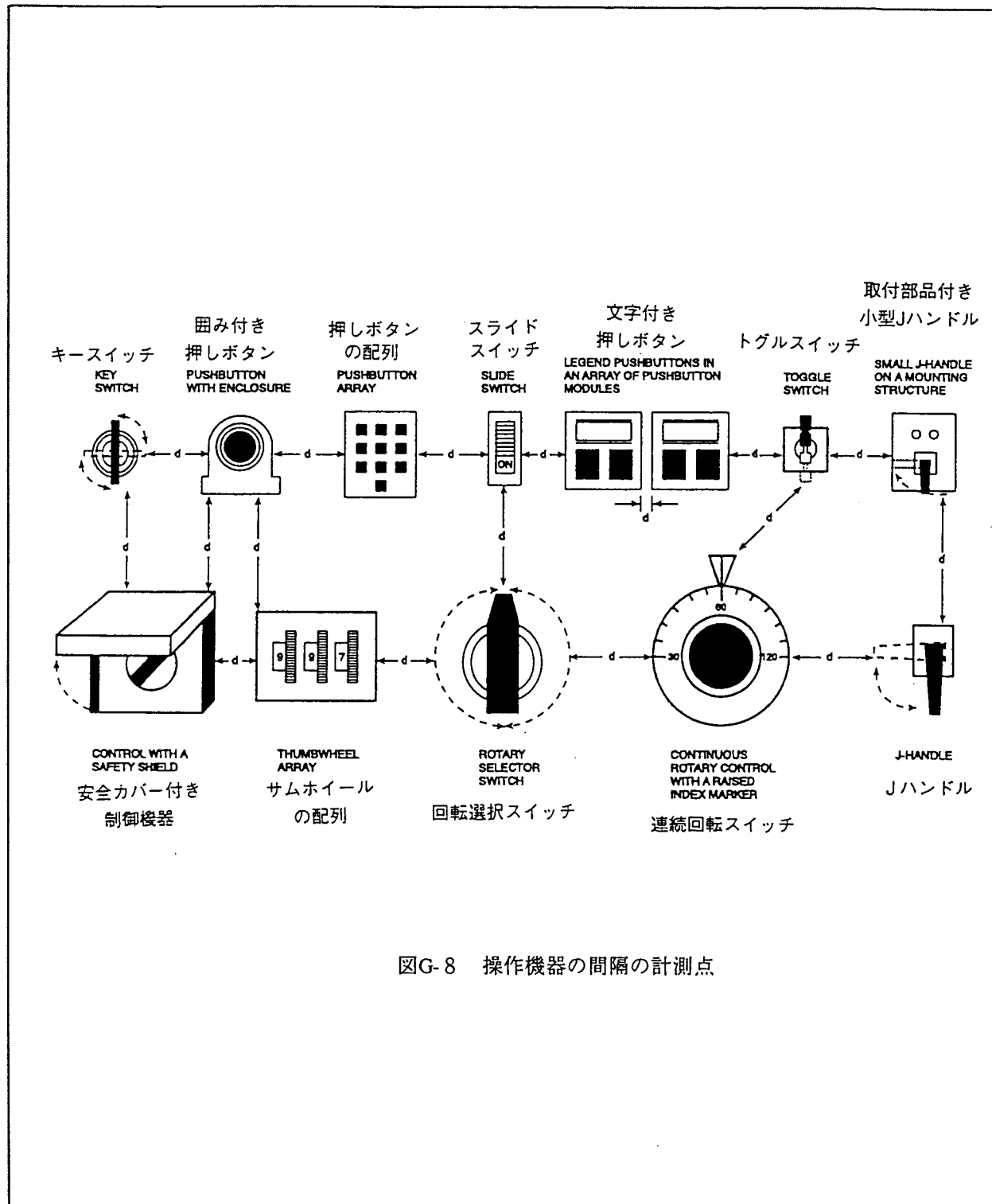
3.2 操作機器 3.2.3 配置

表G-9 操作機器の最小間隔

制御機器 Controls	間隔の下限値 (cm) Minimum Separation(inches)										
	キー付き 制御機器	押しボタン (単独)	押しボタ ンの配列	文字付スイッチ、 スイッチの配列	スライドスイッチ、 ロッカースイッチ	トグル スイッチ	サムホイール、サ ムホイールの配列	回転選択 スイッチ	連続回転 制御器	Jハンドル (大型)	Jハンドル (小型)
キー付き制御機器 Key-Operated Controls	2.54 1.0	1.27 0.5	3.81 1.5	2.54 1.0	1.91 0.75	1.91 0.75	1.27 0.5	1.91 .75	1.91 .75	12.7 5.0	5.08 2.0
押しボタン (単独) Pushbuttons (not in an array)	1.27 0.5	1.27 0.5	5.08 2.0	5.08 2.0	1.27 0.5	1.27 0.5	1.27 0.5	1.27 0.5	1.27 0.5	15.2 6.0	7.62 3.0
押しボタンの配列 Push-button Arrays	3.81 1.5	5.08 2.0	5.08 2.0	5.08 2.0	3.81 1.5	3.81 1.5	3.81 1.5	5.08 2.0	5.08 2.0	15.2 6.0	7.62 3.0
文字付スイッチ、 スイッチの配列 Legend Switches, Legend Switch Arrays	2.54 1.0	5.08 2.0	5.08 2.0	5.08 2.0	3.81 1.5	3.81 1.5	3.81 1.5	5.08 2.0	5.08 2.0	15.2 6.0	7.62 3.0
スライドスイッチ、 ロッカースイッチ Side Switches, Rocker Switches	1.91 0.75	1.27 0.5	3.81 1.5	3.81 1.5	1.27 0.5	1.91 0.75	1.27 0.5	1.27 0.5	1.27 0.5	12.7 5.0	5.08 2.0
トグルスイッチ Toggle Switches	1.91 0.75	1.27 0.5	3.81 1.5	3.81 1.5	1.91 0.75	1.91 0.75	1.27 0.5	1.91 0.75	1.91 0.75	15.2 6.0	7.62 3.0
サムホイール、サムホイ ールの配列 Thumbwheels, Thumbwheel Arrays	1.27 0.50	1.27 0.5	3.81 1.5	3.81 1.5	1.27 0.5	1.27 0.5	1.27 0.5	1.91 0.75	1.91 0.75	12.7 5.0	5.08 2.0
回転選択スイッチ Rotary Selector Switches	1.91 0.75	1.27 0.5	5.08 2.0	5.08 2.0	1.27 0.5	1.91 0.75	1.91 0.75	2.54 1.0	2.54 1.0	12.7 5.0	5.08 2.0
連続回転制御器 Rotary Selector Switches	1.91 0.75	1.27 0.5	5.08 2.0	5.08 2.0	1.27 0.5	1.91 0.75	1.91 0.75	2.54 1.0	2.54 1.0	12.7 5.0	5.08 2.0
Jハンドル (大型) J-Handles (large)	12.7 5.0	15.2 6.0	15.2 6.0	15.2 6.0	12.7 5.0	15.2 6.0	12.7 5.0	12.7 5.0	12.7 5.0	7.62 3.0	12.7 5.0
Jハンドル (小型) J-Handles (small)	5.08 2.0	7.62 3.0	7.62 3.0	7.62 3.0	5.08 2.0	7.62 3.0	5.08 2.0	5.08 2.0	5.08 2.0	12.7 5.0	2.54 1.0

3. 2 操作機器

3. 2. 3 配置



図G-8 操作機器の間隔の計測点

3. 3 警報

3. 3. 1 構成

(1)警報は、システム・機器の何らかの異常を示すものであり、正常運転中は、警報は出ていない。

(2)警報は、警報システムで取り扱い、表示灯を警報として用いない。

ー警報表示等と状態表示灯は形・大きさ・配置等で明確に区別する。

(3)一つの警報に対しては一つの条件を割り当てる。

(4)警報は、異常の状態、原因、発生場所、警報レベル（緊急度）などを適切なコーディングにより明確に示すこと。＜異常時への配慮＞

3. 3. 2 要素設計

A 表示警報

- (1)警報は、確認したもの、新しいもの、解除したものが、点灯方法で区別できる。
- (2)確認ボタンの位置から警報が読めるよう、文字の大きさや光の反射を考慮する。
- (3)警報タイル上の文字は簡潔であいまいさが無い。
- (4)警報に用いられる略語と頭字語の使用は最小限とし、インタフェース上の他の部分と統一する。

<参考データ>

JEM1115 配電盤・制御盤・制御装置の用語及び文字記号

- (5)警報の文字は背景と強いコントラストをもたせる。

B 音声警報

- (1)警報は、確認したもの、新しいもの、解除したものが、音で区別できるようにする。
(3. 1. 2 E 音声(聴覚信号)の項参照)

<例> 前項の表示警報と組み合わせて以下のような区別の方法が考えられる。

警報の状態	表示警報	音声警報
新しい警報	点滅	注意を喚起する音
確認済み	点灯	なし(ランプの点灯のみ) あるいはトーンの低い音
解除済み	消灯	なし

- (2)警報は、通常の音声信号とは明確に異なるようにする。

3. 3. 3 配置

(1)警報表示灯は、通常運転位置から監視できる位置に配置する。

(2)機能ごとに警報のタイルをグループ化する。

<例> 設計例（図-3）参照

(3)その警報に関連する操作機器と表示機器の上に配置する。

<例> 設計例（図-3）参照

(4)警報表示灯の傍には、状態表示灯を設置しない。

<例>

状態表示灯、警報表示灯を同一の領域に混在させずに、機能ごとにエリアを分け、警報と状態表示は明確に区分して配置することが望ましい。

3. 4 ミミック*

システム構成要素の関係や物理量の流れなどを視覚的にわかりやすく示すためにミミック表示を利用するとよい。例えば、次のような用法が想定される。

- ・流入量、雨量、貯水位、各ゲートの開度及び放流量、合計放流量の関係
- ・半自動の操作フロー

(1)ミミック表示の形状は見やすく意味がわかりやすいものとする。

(2)ミミック表示のフローパスはカラーコーディングする。

(3)操作パネルとミミックのコントラストを適切にする。

(4)矢印を用いて流れの方向を明瞭に示す。

(5)すべての線の出発点と終点にはコンポーネントを示す。

<参考データ>

JEM 1428 グラフィックシンボル及び経路線の色彩

*) ミミック表示とは、流れを模擬的に表現したものであり、例えば以下のようなものがある。

- ・系統図の概念的な表示：ポンプ、弁、スイッチ、計器等が図の中に流れに沿って一所に配置されている。
- ・上流からの下流への水の流れの表示
- ・電源系統図の表示 等

3. 5 ラベル

3. 5. 1 形態・内容

(1)盤面設置機器は名前、数字、シンボル等により適切にラベリングする。

(2)ラベリングは、主要システム、サブシステム、機器等のように階層的に分類し、ラベル・文字の大きさを対応させる。

(3)ラベルの縦横比を適切にする。

(4)ラベルの内容は簡潔で即座に理解できるようにする。

－ラベルは情報が最小限にする。

－ラベルには、商標などの関連のない情報が含まれないようにする。

－抽象的なシンボルは意味のわかるものだけを用いる。

(5)ラベル上の用語の使い方はわかりやすく適切にする。

－言葉、頭字語、略語、部品番号などの使い方は首尾一貫させる。

－手順書などの文書や操作員によって使われているものと同じ専門用語を用いる。

－誤解が生じうる場合以外は、略語はピリオドを省いて大文字で表す。

<参考データ>

JEM 1115 配電盤・制御盤・制御装置の用語及び文字記号

3. 5 ラベル

3. 5. 1 形態・内容

(6)ラベルの文字は読みやすく、読み誤りの少ないようにする。

－文字の形、大きさ、色は、監視距離、照明を考慮して明瞭に識別できるようにする。

＜補足データ＞ (NUREG-0700 Rev.1)

ラベルの色の組み合わせについて、表G-10に示す

－ローマ数字は用いない。

－和文の場合、複雑な漢字は避けまぎらわしい字は併用しない。

－英文・アラビア数字はNAMEL式字体、日本字は中ゴシックがよい。

表G-10 色の組み合わせによる相対的な読みやすさ

読みやすさの評価 Legibility Rating	色の組み合わせ Color Combination		
非常に良好 Very good	文字：黒	背景：白	Black letters on white background
良好 Good	文字：黒	背景：黄色	Black on yellow
	文字：濃青色	背景：白	Dark blue on white
	文字：草緑	背景：白	Grass green on white
中程度 Fair	文字：赤	背景：白	Red on white
	文字：赤	背景：黄色	Red on yellow
	文字：白	背景：黒	White on black
不十分 Poor	文字：緑	背景：赤	Green on red
	文字：赤	背景：緑	Red on green
	文字：橙	背景：黒	Orange on black
	文字：橙	背景：白	Orange on white

(7)操作機器のラベルは機能、動作、位置を表す（機器の状態や条件など）。

(8)警告ラベルは明瞭で直接的な表現とする。

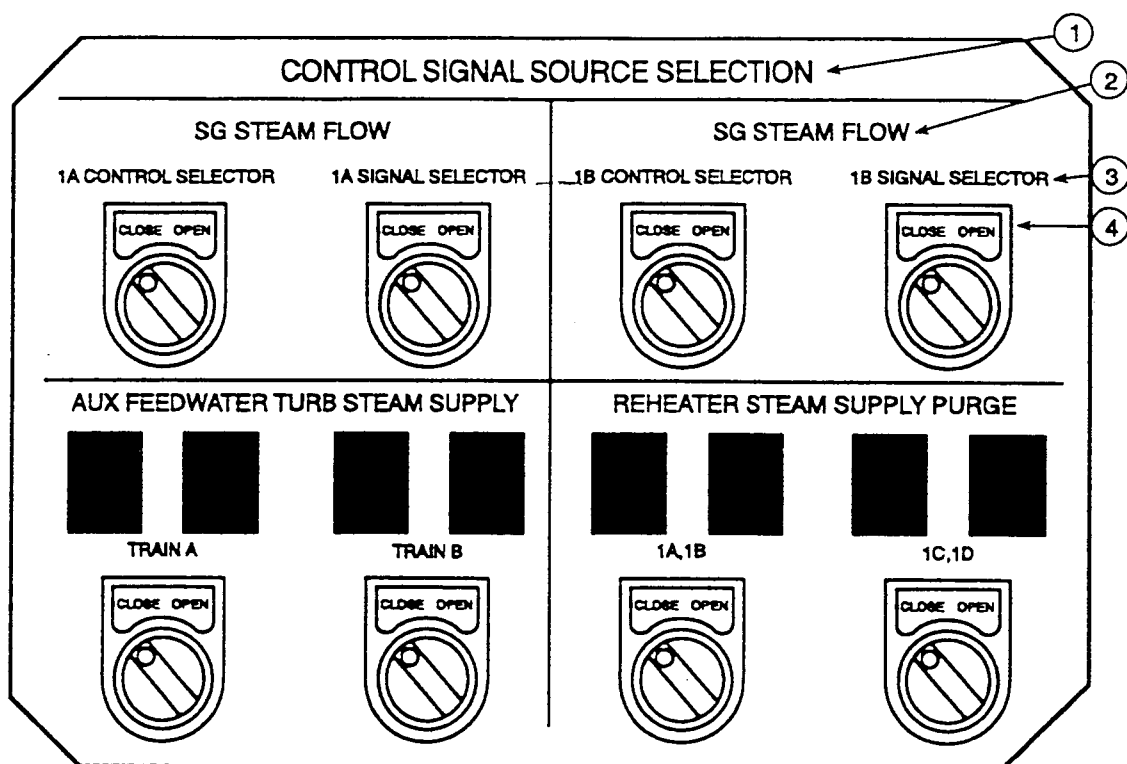
(9)対応する機器と同程度の耐久性があり、偶発的に損傷したり外れたりすることがないように据え付ける。

＜補足データ＞ (NUREG-0700 Rev.1)

原子力プラントの操作盤におけるラベリング例を図G-9に示す。

3. 5 ラベル

3. 5. 1 形態・内容



ラベルの名称と配置

- | | |
|---------------------|---------------------|
| ① システム／ワークステーションレベル | : パネル上端の中央に配置 |
| ② サブシステム／機能レベル | : 上部付近の中央に配置 |
| ③ コンポーネントレベル | : 各表示機器または操作機器の上に配置 |
| ④ 制御位置の指示 | : 操作機器の付近に配置 |

図G-9 適切なラベリングの例

3. 5. 2 配置

(1)ラベルは対象となるシステムや機器の真上に配置し、システムを通じて一貫させる。

(2)ラベルは他の情報を隠さず、他の機器によって隠されないように配置する。

(3)操作員が操作機器を操作するときに手によってラベルが隠されないように配置する。

3. 6 盤全体

3. 6. 1 色彩

(1)操作室全体で特定のカラーコードの意味を首尾一貫させる。

<補足データ> (NUREG-0700 Rev.1)

標準的カラーコードは以下のとおりである。

色	用法
赤の点滅	人身事故や装置の損害を避けるために遅れの無い操作員の行動が必要とされる緊急事態だけを示す。
赤	システム全体あるいは一部が操作不能である、あるいはなんらかの修正行動なしにはミッションが成功しないことを操作員に警告する
黄色	限界状態であることを知らせたり、注意や再チェックが必要である、あるいは予期しない遅れがあることを警告する。
緑	監視している装置が許容範囲であることを示す。

(カラーコーディングの詳細については表G-6, G-7を参照)

(2)色分けにより識別性が高まるが、色の数が過多とならないように注意する。

(3)色はすべての照明条件下で識別できるように配慮する。

3. 6. 2 レイアウト

A 全般

(1)操作機器・表示機器の配置位置は、操作員の身体寸法に適合したものとする。

ー頻繁に用いられる機器は、適切な視野、操作範囲の中心の近傍に配置する。

＜参考データ＞

JEM-TR 136 監視・制御・操作装置の設計のための身体計測値

(2)時刻表示（時計）やダムの状態を示す基本的なデータ等、すべての操作員が必要とする情報は、どの作業位置からでも容易に読めるように配置する。

（→グラフィックパネルの活用）

(3)操作機器・表示機器は適切にグループ化し、グループ間は適切にスペースをとる。

ー操作・表示機器は、操作員が実行するタスクを考慮してグループ化して設置する。

＜例＞ 1つのゲート操作に関連した機器のグループ化等（設計例参照）

表示 : 開度、目標開度、圧着度、電流計、、、

操作機器: 開ボタン、閉ボタン、停止ボタン、、、、

ーシーケンスで操作・監視される機器は、グループ化し、配列の順序は、「左から右」「上から下」及び「それらの組み合わせ」とする。

＜例＞ ゲート圧着度・開度・流量のグループ化（設計例参照）

操作の流れを考慮した配列等

ー機能的に関連した機器は、グループ化する。

＜例＞ 操作条件表示灯と動作中表示灯とはそれぞれ別々にグループ化する。

時計や日付の表示など、ダムや機器の状態とは直接関連のない情報は、明らかに区別する。

(4)非常用・緊急用の操作機器は、明確に判別できる。

<異常時への配慮>

非常停止ボタンなどは、他の機器と一緒に配列せず区別して、目立つ場所に設置する。

(5)配置の位置の考え方は、操作室内の盤・パネルで統一する。

<例> コンジットゲート操作盤およびクレストゲート操作盤での配列の統一等

(6)同様の操作と表示の配置は、操作室内の盤・パネルで統一する。

<例> コンジットゲート操作盤およびクレストゲート操作盤での配列の統一等

(7)同様の操作と表示の配置は、鏡対称にしない。

3. 6 盤全体

3. 6. 2 レイアウト

B 関連する表示と操作機器の配置

(1)制御操作中に監視する表示は、操作位置の近くに配置する。

<例>

ゲート操作中はゲート開度を監視する必要があるので、開度表示は操作位置（操作時に操作員がいる場所）から容易に監視できる位置に配置する。

(2)制御操作中に表示が見えなくなる配置とする。

<例>

基本的に、表示機器は盤面上部、操作機器は下部に配置し、操作する手の動きにより表示が隠されることを避ける。

(3)関連する操作器は、表示器の下部、あるいは右側に配置し、一目で関連していると判るようにする。

C 関連する表示と操作機器の動き

(1)操作機器の動きは関連する表示と一致させる。

<例>

ゲート操作押ボタン操作において、上部押ボタン操作でゲートが開となり、開度数値が増大する、等。 設計例（図-3）参照

(2)応答に時間遅れがある場合には、実時間で表示する。

<例> ゲート圧着完了時間遅れ等を適切に表示すること。

4. CRT

この章は、「CRT」のインタフェース設計についてまとめたものである。マンマシン設計の立場から、設計において留意すべき基本事項を記述し、詳細なソフトウェア設計及びコンピュータベースの入力デバイスの個々の設計については本ガイドラインの対象外とした。はじめに、CRT機器そのものの設定について整理し、続いて表示系、操作系に区別して基本的な要素設計の考え方についてまとめた。さらに、画面構成として一つの画面内での要素の配置について扱い、複数の画面間の関係については画面体系で扱うこととした。構成は以下のとおりである。

4. 1	設定	G -51
4. 2	表示系	
	4. 2. 1 構成.....	G -53
	4. 2. 2 要素設計.....	G -56
4. 3	操作系	
	4. 3. 1 構成.....	G -57
	4. 3. 2 要素設計.....	G -58
4. 4	画面構成	G -59
4. 5	画面体系	G -60

4. 1 設定

(1)CRT画面の設置位置及び監視距離は、操作員の生理機能、作業姿勢に適合させる。

＜補足データ＞（NUREG-0700 Rev.1）

連続監視	操作員視線の 水平35° 以内、 上部20° 以内 下部40° 以内
非連続監視	操作員視線の 水平95° 以内、 上部70° 以内 下部90° 以内
監視距離	30cm以内

(2)解像度、コントラスト、明るさ、直線性は適切に設定し、フリッカー、ジターがないようにすること。

＜参考＞（図説エルゴノミクス）

表G-11にVDU（Visual Display Unit）に関する国内のガイドラインを示す。

(3)操作員が明るさを制御できるようにすること。

4. 1 設定

表G-11 VDU (Visual Display Unit) に関する国内のガイドライン

要 因			通 産 省	日本産業衛生学会
表示情報	ドット構成	ANK	5×7ドット以上	(min 16×16ドット)
		漢字	15×16ドット以上	24×24ドット以上
	文字高(H)	ANK	視角 18 分以上	3 mm 以上
		漢字	視角 25 分以上	4.4 mm 以上
	文字幅	ANK	0.5~0.8 H	0.7 H(min 0.5 H)
		漢字	0.8~1.2 H	1~1.2 H
	文字間隔	ANK	0.2~0.5 H	
		漢字	0.1~0.5 H	
	行間隔	ANK	0.6~1.5 H	
		漢字	0.2~1.0 H	
記 号		文字に準ず		
カーソル	形状	文字、記号と明瞭に区別できること		
	点滅周波数	1~4 Hz		
	移動時の条件	連続移動速度≦視角 10 度/秒が望ましい(漢字で約 20 文字/秒)		
表示条件	輝 度 (文字輝度 L_s) (背景輝度 L_b)	ネガ($L_s > L_b$)	調節可 $L_s \max \geq 40 \text{ cd/m}^2$ (ただし、150 cd/m^2 以下で使用のこと)	$L_b \geq 40 \text{ cd/m}^2$
		ポジ($L_s < L_b$)	調節可 $L_b \max \geq 40 \text{ cd/m}^2$ (ただし、150 cd/m^2 以下で使用のこと)	$L_b \geq 3 L_s$ (調節可)
	コントラスト	ネガ ポジ	3 以上に調節可能であることが望ましい(ただし、10 以下で使用)	3~10 調節可
	表示色	ネガ文字色 ポジ背景色	可視域両端領域の色は避けた方が望ましい 白色系が望ましい	可視域両端領域の色は避ける スペクトル幅を広くとる
	解像度		システムに必要な文字、図形が、使用輝度範囲にわたり表示領域全面で良好な視認性が確保できること	文字、記号等の輪郭が明瞭なこと ドット間隔が認められないこと 隣接する線が接触して見えないこと
	画面歪み	非直線歪み ラスタ歪み	±10 % 以内 ±5 % 以内	
	画面のちらつき(フリッカ)		標準的な外光条件及び輝度で、前面に文字(ネガの場合)又はラスタ(ポジの場合)を表示して、30 度視角の領域の端を注視した状態で、フリッカを感じないこと	画面のちらつき、ぎらつき、ゆらぎ、歪み、輝度・色のむらが認められないこと

4. 2 表示系

4. 2. 1 構成

(1)画面内には関連した情報を単純に示し、関係のないものは表示しない。

＜例＞関連する情報としては次のものが考えられる。
制御演算データ、ダム状態、ゲート状態、水文データ、過去の記録等

＜補足データ＞ (NUREG-0700 Rev.1)
情報のグルーピングに関する原則を表G-12に示す。

(2)重要なパラメータについては操作信号ではなく実機からの信号に基づき実際の系統・機器の状態を表示する。

(3)タスク及び表示内容に適合した表示形式の種類（テキスト、表、グラフ、シンボルその他）を選択する。

＜補足データ＞ (NUREG-0700 Rev.1)
タスクに適合した表示フォーマットについて表G-13に示す

(4)画面内の情報は、慣習にあった方法で表示する。

－日付、単位、用語や変化の方向などが日常的な慣習に合致している。

(5)操作員が表示データを容易に制御できるようにする。

－表示形式の選択、画面分割、拡大縮小等が容易である。

(6)各画面の意味がわかりやすくする。

－各画面にはわかりやすいタイトルをつけ、定位置に表示する。

(7)任意の画面へ移動したり、必要な機能呼びだすことが容易にできるようにする。
(画面体系の項参照)

4. 2 表示系

4. 2. 1 構成

表G-12 情報のグルーピングの原則

グルーピングの方法	適切な使用のための条件
タスク	あるタスクに必要な情報をグループ化する。
使用のシーケンス	表示情報が空間的あるいは時間的な順番で用いられる場合、その順番を維持できるように使用されるシーケンスに基づき情報をグループ化する。例えば、VDUディスプレイ内のデータは、そのデータを参照している手順書のステップの順番に適合していること。情報は、左から右、あるいは上から下にシーケンシャルに配列すること。
頻度	いくつかの情報が他の情報よりも頻繁に使用される場合、頻繁に用いられる情報はグループ化して、表示の上部等のあらかじめ定められた場所に配置する。
データ比較	データ相互の類似点、相違点、トレンド、関連を識別し分析する必要がある場合、表示のフォーマットは表示データが矛盾なくグループ化されるように構成する。類似した項目をグループ化することにより、読みやすさが向上し、他のデータのグループとの関連が強調される。グループ化により表示が構造化され、情報の特定の項目の認識や同定を支援することができる。
重要度	特に重要な情報は、表示の上部などのあらかじめ定められた場所にグループ化して配置する。
機能	一組の情報が強い機能的関連性を持っている場合（例えば、高レベルのプラントシステム（主給水等）あるいはプラント機能（炉心熱除去）に関連する低レベルの状態指示計等）、それらの情報をグループ化して、関連性を明示する。
アルファベット順あるいは時系列的なシーケンス	項目やデータをリストから選択する場合、あるいは何らかの原則に従う適切なグループ化のロジックがない場合、アルファベット順あるいは時系列的なグループ化を行う。

表 1 3 代表的タスクに適した表示フォーマット

代表的タスク Representative Task	フォーマット Format	適切な利用のための条件 Condition for Appropriate Use
指示や一般的記述を理解する Comprehending Instructions or General Descriptions	連続的なテキスト Continuous Text リスト Lists 音声表示 Speech Displays フローチャート Flowcharts	一般 General 一連の関連のある項目 Series of related items ユーザの注意がテキスト表示に向いていないとき User's attention not directed toward text display トレードオフのないシーケンシャルな決定プロセス Sequential decision process with no tradeoffs
個々の数値や文字を読み、比較する Examining and Comparing Individual Numerical Values or Text	表 Tables データ形式 Data Forms	順に並べられたデータの詳細な比較 Detailed comparisons of ordered sets of data 別々にラベルされた領域にある、関連するデータ項目の詳細な比較 Detailed comparisons of related sets of data items from separately labeled fields
システム構成要素の機能的な関係を調べる Examining Functional Relationships of Components of a System	ミミック、ダイアグラム Mimics and Diagrams	一般 General
オブジェクトや場所の空間的関係を調べる Examining Spatial Relationships of Objects or Places	ダイアグラム Diagrams マップ Maps	一般 General 地理的なデータ Geographical Data
数値データにおけるパターンを調べ解釈する Examining and Interpreting Patterns in Numerical Data	棒グラフ Bar Charts ヒストグラム Histograms 円グラフ Pie Charts グラフ Graphs グラフ上のプロット Graphs: Scatterplot	1変数について不連続な間隔や対象物の間での比較 Single variable viewed over several discrete entities or at discrete intervals 一つの変数の不連続な間隔に対する度数を見る Frequency of occurrence viewed at discrete intervals of a single variable いくつかのカテゴリーに対して一つの変数の相対的な分布を見る Relative distribution of a single variable over several categories 2つ以上の連続変数 Two or more continuous variables 座標系のなかでの空間的なデータの分布 Spatial distribution of data within a coordinate system

4. 2. 2 要素設計

(1)画面に表示される文字、数字のスタイルは単純にし、すべての画面について一貫させる。

(2)各画面の表示内容を理解しやすくするために適切にコーディングする。

－他と素早く区別する必要がある情報はコーディング等により強調する。

－コーディングは一貫している。

－コーディングによって、情報表示を阻害せず遅れを生じない。

－色彩だけでなく形、位置などにより補助的にコーディングする。

＜補足データ＞ (NUREG-0700 Rev.1)

カラーコーディングについては表G-6, 表G-7を参照

(3)各画面は、上部に表示内容の分かる表題・ページを付け、画面体系のどの位置かを明確にする。

4. 3 操作系

4. 3. 1 構成

(1)入力形式及び入力装置の種類（キーボード、マウス、タッチパネル、トラックボール）は作業に適したものを選択する。

＜例＞主な入力の内容としては、以下のような種類が考えられる。
機能の選択、画面の選択、設定値入力、演算開始等

(2)入力には直ちに何らかの応答があり、遅れがある場合は状態を示すようにする。

4. 3. 2 要素設計

(1)入力は特別な記憶を必要とせず、簡単にできるようにする。

ー入力方法は形状から想起される自然な動作に従うものとし、入力に必要な情報は必ず画面内表示する。

(2)制御・入力操作に際して操作の実感が得られるようにする。

4. 4 画面構成

(1)表示画面の構成は、タスク・機能に基づき適切な方法で区分する。

＜例＞現状の表示内容は次のように区分することができる。
放流量設定／ダム関連データ／流域関連データ／システム関連
(設計例(図-5)参照)

(2)1つの表示画面は複雑にしない。必要により、階層構造等を用いる。

(3)ウインドウがポップアップする場合には、現在表示中の重要な情報や絶えず表示すべき情報を隠さないように、大きさと位置を考慮する。

4. 5 画面体系

(1)機能の区分に基づいて、画面体系を構成する。

＜例＞現状の表示内容は次のように機能区分できる。
放流量設定／ダム関連データ／流域関連データ／システム関連
設計例（図－5）参照

(2)常に画面内の定位置に画面体系を示す情報を提供し、その中での現在画面の位置を確認できるようにする。

＜例＞
現在表示されている画面は「ダム状況図」であるとする、これは「ダム関連データ」の体系に含まれていること、この画面に関連して次にどのような機能や情報を呼びだせるかが一目で把握できるようにする。

(3)画面間を自由に移動し、任意の画面に容易にアクセスできるようにする。

(4)1つのまとまりのある要素タスクに関連する情報は、すべて1つの画面におさめるように、画面体系を構成する。

＜例＞
放流量の設定を行うとき、放流量設定画面の中で、画面の切替を行うことなく設定に必要な情報が得られ、入力のための領域が示されるようにする。

(5)表示が多数ページにわたる場合は、関連するデータ事項は1つの画面に纏めて表示する。やむをえず表示が多数ページにわたる場合は、ページ付けをする。

(6)部分図の表示を行う場合には、どの部分が表示されているかが分かるようにする。

＜例＞
過去1カ月のダム関連データのグラフを表示するとき、全体を1画面内にいれることはできないので、現在表示されている部分は、全体の中のどの部分なのか、この前、あるいは後ろにはどの程度の長さがあるのかがわかるようにする。

5. グラフィックパネル

この章は「グラフィックパネル」のインタフェース設計について、まとめたものである。グラフィックパネルはダムによっては設置されていないこともあり、ゲート操作において必要不可欠な設備であるということではなく、共有すべき情報を提示するための補助的な位置づけと考えられる。したがって、基本的には操作盤の表示系に準じた項目となっている。構成は以下のとおりである。

5. 1. 1	構成.....	G -62
5. 1. 2	要素設計	
	A 共通.....	G -63
	B メータ.....	G -63
	C 表示灯.....	G -63
	D カウンター.....	G -63
	E ミミック表示.....	G -63
5. 1. 3	配置.....	G -64

5. 1. 1 構成

- (1) グラフィックパネルには、操作員が実行するタスク、系統の機能、及び使用頻度を考慮して、すべての操作員が共有すべきダム関連情報を提示する。

<例>

主として、日付や時刻、貯水位や放流量などのダム関連データ、気象情報。流域の水文データなどを表示する。

- (2) グラフィックパネル上の情報の表示方法は、表示情報を用いて実行する作業に合致させる。

(3. 1. 1 (1) 参照)

5. 1. 2 要素設計

A 共通

(1) グラフィックパネルには、当該ダムに関連する情報を明確に判りやすく提供する。

＜例＞気象状況・上流の水文・流域データ・下流状況等の情報を提供すること。

＜異常時への配慮＞

・ダム及び上流下流の状況、流域の水文、雨量や流入量のトレンドなど、今後の推移予測に必要な関連情報は、適切な対応行動を決定するために重要である。わかりやすい形で明確に提示すること

(2) グラフィックパネル上に表示される文字、記号、図等は、人間の視力の限界や周囲の状態、視距離を考慮した細かさとする。

(3) グラフィックパネル上の文字・色彩コーディング等を適切にし、制御室内で統一する。必要な場合には色彩だけでなく形、位置などにより補助的にコーディングされる。

＜補足データ＞ (NUREG-0700 Rev.1)

カラーコーディングについては、表G-6, G-7を参照

(4) グラフィックパネル上の計器の表面には、スケールの分割と目盛数字、表示されたパラメータの名前、単位を記す。

(5) グラフィックパネル上には、解釈、解読、変換などが必要ない形で情報を提示する。

＜例＞

数値データは単位の換算が必要ないように通常使われる単位で表示する。
通常使われる用語を用い、必要以上に記号化、略号化をさける

(6) 関連のない情報（トレードマークや会社名など）はすべて省略する。

B メータ (3. 1. 2 B参照)

C 表示灯 (3. 1. 2 C参照)

D カウンター (3. 1. 2 D参照)

E ミミック表示 (3. 4 参照)

5. 1. 3 配置

(1)直立パネルの表示機器の配置位置は、運転員の視力や周囲の状態に適合したものとする。

ー通常の運転位置からよみやすい。

＜参考＞（図説エルゴノミクス）

運転位置からの視方角が45度以下では表示内容の誤読率が増加して好ましくない。

ー頻繁に見る表示は、適切な視野の中心の近傍にある。

ーもっとも重要な表示はもっとも見えやすい場所に配置する。

＜参考データ＞

JEM-TR 136 監視・制御・操作用装置の設計のための身体計測値

(2)グラフィックパネル上の表示機器は、監視やチェックが容易であり、運転員がダムに関連した状態を素早く正確に把握できるように配置する。

ー適切にグループ化し、グループ間は適切にスペースをとる。

ーシーケンスで監視される表示は、グループ化する。

ー機能的に関連した表示は、グループ化する。

ーグループ内では使用する順に左から右または上から下に並んでいる。

ー同様の表示の配置は、鏡対称にしない。

ー標準化を図る。

(3)グラフィックパネル上に多数の機器を並べるときは以下の点に留意する。

ー表示機器は、縦ではなく横に並べる。

ー同型の小型表示灯は、幅広く並べない。

(4)通常の操作員の位置から監視する場合の視差、反射、グレアについて配慮する。

6. その他の機能

この章は、主として異常時・緊急時の対応タスクを安全かつ円滑に遂行するために必要とされる、ゲート操作設備インタフェースの付加的な機能についてまとめたものである。心理的なストレスがかかった異常時において、操作員の適切な対応行動を支援するために有効と考えられる機能としては、

- ーコミュニケーション支援
- ーガイダンス機能
- ーエラーの許容

という3つがある。このガイドラインは、それぞれの機能を実現する際の基本的な考え方を示したものである（具体的な実現方法を示すものではない）。構成は以下のとおりである。

6. 1	コミュニケーション支援	G -66
6. 2	ガイダンス機能	G -67
6. 3	エラーの許容	G -68

6. 1 コミュニケーション支援 **＜異常時への配慮＞**

(1)ダム管理支所内のメンバーの中での役割分担や、共同作業におけるコミュニケーションが円滑に行われるように配慮すること

＜例＞

- ・全員が集まって協議できるスペースを確保する
- ・主要な情報は全員が共有できるように大型表示パネルに提示する
- ・各自の作業場所において作業をしながら他のメンバーとコミュニケーションができる

(2)機側と遠方操作室との情報伝達手段を確保すること

＜例＞

- ・内線電話などで確実に情報が伝達できること
- ・双方の作業エリア内を自由に移動して、必要な機器や表示などを監視しながら会話ができるようになっていることが望ましい。
- ・できるだけ多くの情報を伝達し、状況認識を共有できるようになっていることが望ましい（例えばテレビカメラなどによって画像を送信するなど）。

(3)外部との連絡手段を確保すること

＜例＞

- ・コミュニケーションの相手、目的に応じて適切な手段とバックアップの方法を配慮すること。
 - －管理事務所とのやりとり（状況報告、指示など）
 - －機器メーカー、施工業者（異常時の状況説明、原因の調査・修理の依頼など）

6. 2 ガイダンス機能 **＜異常時への配慮＞**

(1)ゲート異常発生時には、異常診断・対応手順等のガイダンスが表示されることが望ましい。

＜例＞

- ・ゲート操作除外時には、除外されていないゲートへの放流量の再配分等のガイダンスが明確に表示される。

(2)ガイダンスの表現方法が適切でわかりやすく提示されること。

＜例＞

- ・表現に曖昧さがなく、意味が一意に定まること。
- ・次に行うべき手順の内容、目的、操作対象が明確に示され、正しく理解できること

(3)ガイダンスを表示する場合、手順を列挙するのみではなく、その状況において必要とされる知識を適切なタイミングで提供したり、想起させることが有効である。

(4)ガイダンス表示が期待されるにも関わらず、ガイダンス提供が出来ない状態では、関連情報のみを提供しその旨表示する必要がある。

6. 3 エラーの許容 **<異常時への配慮>**

(1)異常時対応タスクにおいて、操作結果がきわめて重大な影響をもたらすような入力操作に対しては、入力信号をそのまま実行せず、操作員の確認入力を要求することが望ましい。

(2)エラー状態を取り消すための、キャンセル機能を設ける。

(3)明らかなエラーは検出し、操作員に伝達する。

<例>

放流量やゲート開度の数値の入力において、明らかに不適切な値が入力された場合などは、直ちにエラーメッセージを表示する

(4)伝達されたエラーは容易に修正できるようになっている。