

核燃料サイクルバックエンドにおける耐放射線性材料について

1991年3月

動力炉・核燃料開発事業団
東海事業所

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。(注)

〒319-11 茨城県那珂郡東海村大字村松 4-33

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所 (Tokai Works)

技術協力部 技術管理室

(Technology Management Section)

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:

Technology Management Section Office, Tokai Work, Power Reactor and Nuclear
Fuel Development Corporation 4-33, Muramatu Ooaza, Tokai, Naka-gun, Ibaraki,
319-11, Japan (注)

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development
Corporation) 1991

核燃料サイクルバックエンドにおける耐放射線性材料について

小島久雄、福島峰夫

要旨

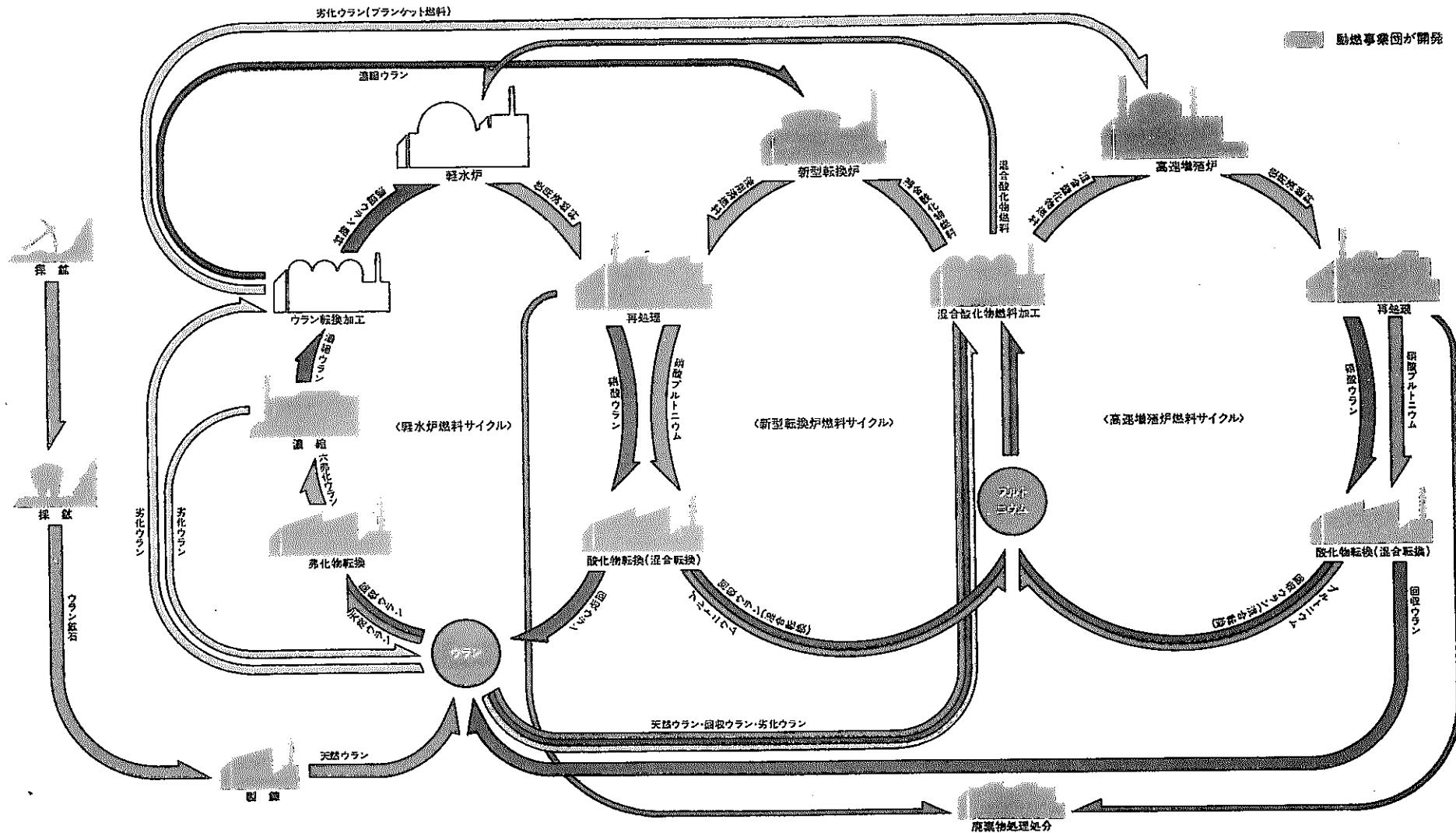
“核燃料サイクルバックエンド”において耐放射線性材料が必要とされる大きな理由の一つに「大型遠隔保守セル」の概念の導入があげられる。

そこで、大型遠隔保守セル内に設置される主要機器として、特に高速炉燃料再処理の場合について紹介し、計装・保守機器も含めて、それらの構成部材に要求される耐放射線性上の要求条件を述べる。

個々の部材について耐放射線性試験データを紹介し、また、セル内監視用カメラについての耐放射線の観点からの設計手法などを述べ、「大型遠隔保守セル」概念の成立の必要条件を満たしていることを報告する。

なお、本件は日本電気学会主催の絶縁材料技術委員会誘電性材料調査専門委員会（平成3年3月27日早大）に報告したものである。

核燃料サイクル



耐放射線性材料の必要性

被 曝 低 減



遠 隔 保 守



大型セル遠隔保守方式

- ・工程機器
 - ・マニピレータ
- | 高放射線環境下

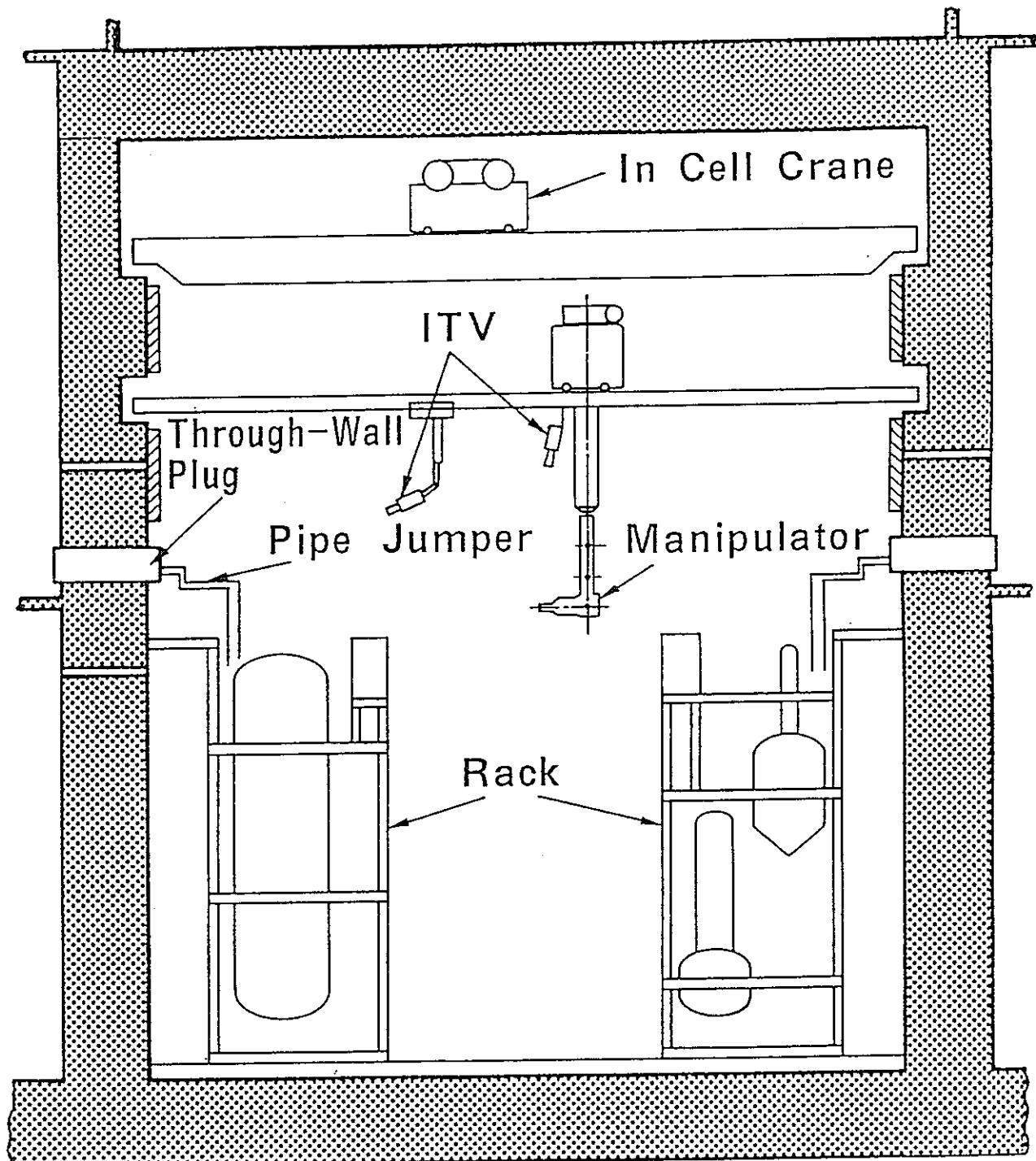


耐放射線性材料

新しい遠隔保守方法を採用する

プラントの設計方針

- ① 高稼動率
- ② 作業員の被曝量低減
- ③ 融通性



Section Drawing of a Large Cell

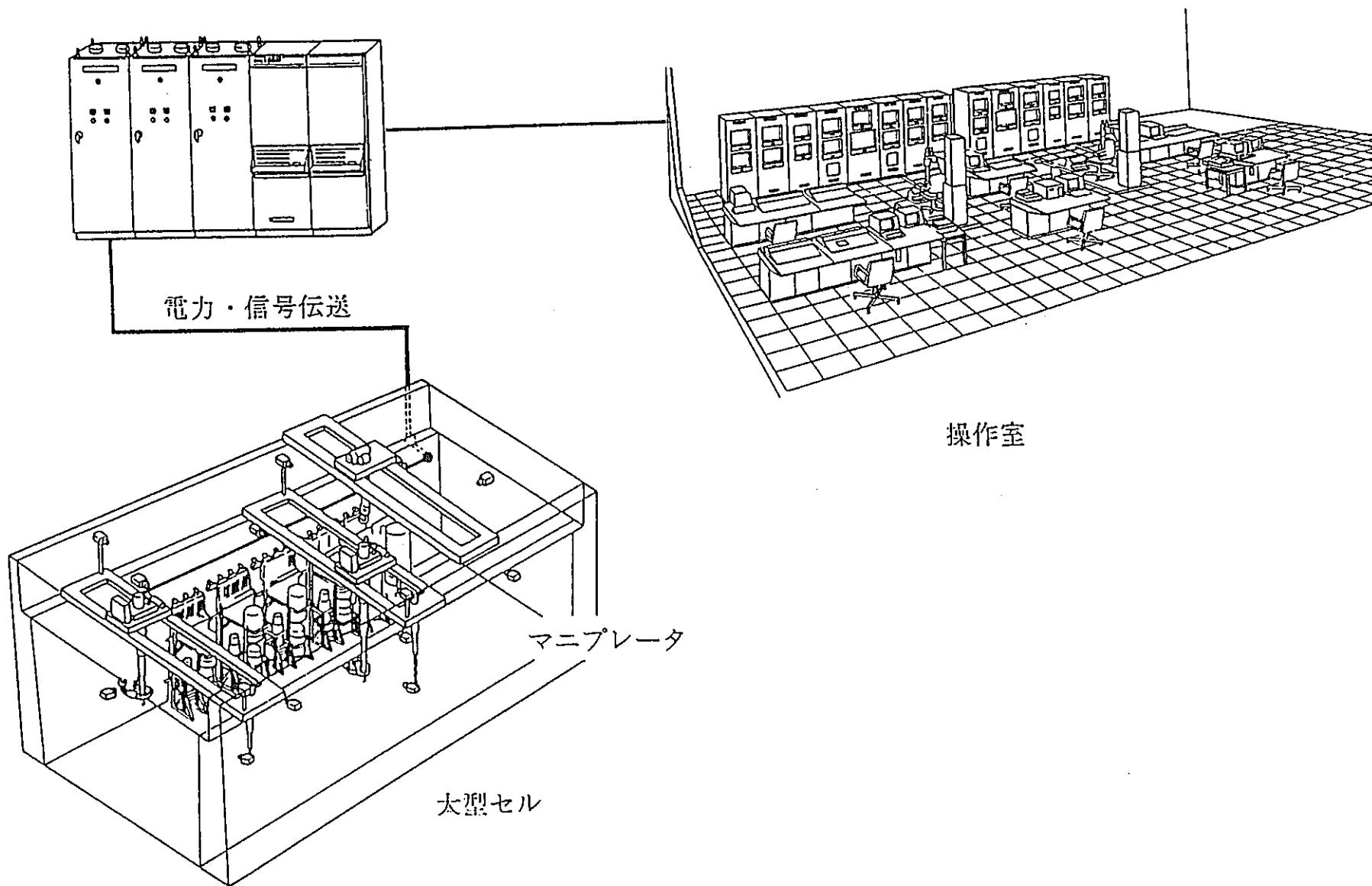
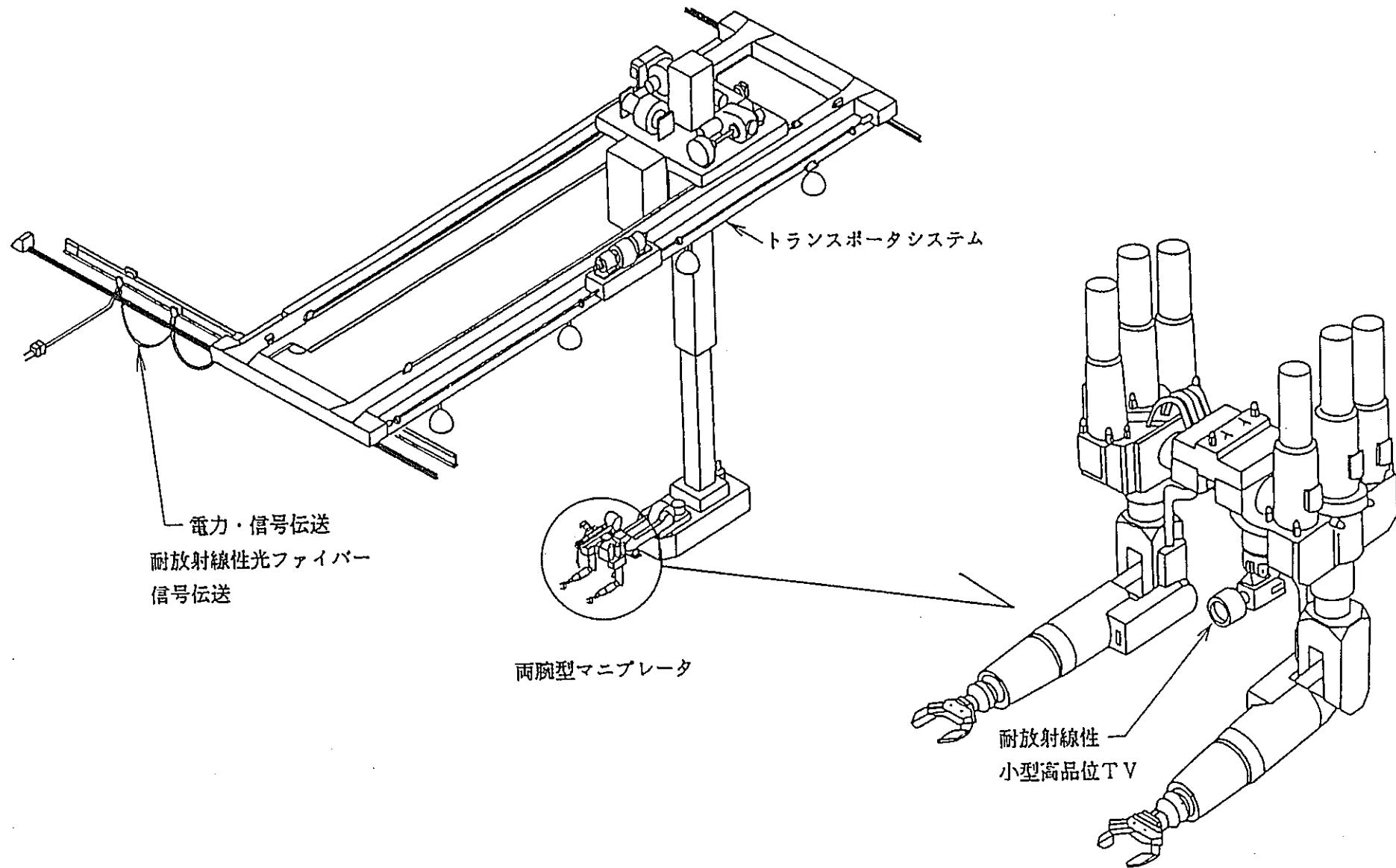


図 大型セル遠隔保守方式概念図



両腕型マニピレータシステム概念図（セル内）

耐放射線性を考慮すべきセル内主要機器と構成部品

| | | | |
|-------|------|--------|----------------------------------|
| セル内機器 | 工程機器 | 解体機 | モータ、リミットスイッチ、レンズ、シール材、ケーブル |
| | | せん断機 | モータ、リミットスイッチ、ケーブル、シール材 |
| | | 連続溶解槽 | モータ、ケーブル、シール材 |
| | | 遠心清澄機 | モータ、回転計、加速度計、振動計、ケーブル |
| | | 遠心抽出器 | モータ、フォトメータ、光ファイバー、ケーブル、シール材 |
| 保守機器 | | マニピレータ | モータ、潤滑材、ロードセル、ポテンショメータ、電子部品、ケーブル |
| | | ＩＴＶ | レンズ、電子部品、ケーブル |
| | | 照明 | ランプ、ケーブル |
| | | クレーン | モータ、ケーブル |
| | | 通信装置 | 光ファイバー、電子部品 |

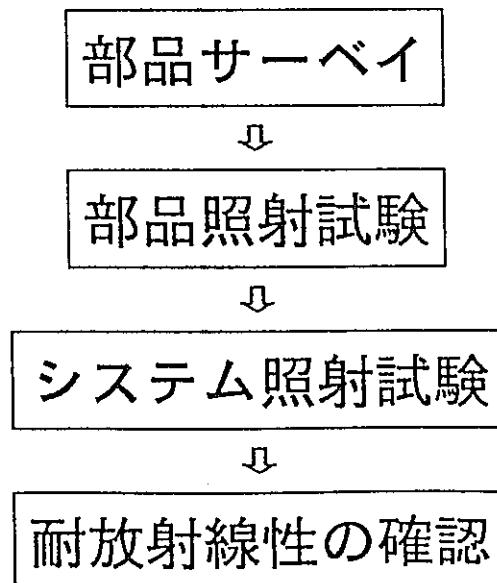
放射線環境下で使用される機器・材料の一般的な問題点

| 材 料 | 劣化の様態 | 機能の劣化 |
|----------|-------------------|---------|
| 光学系材料・部品 | ガラスの着色 | 光透過率の低下 |
| 高分子材料 | 硬化 | 柔軟性の喪失 |
| 半導体等電子部品 | 半導体内部の 格子欠陥の生成 | 增幅率の低下等 |

耐放射線性化手法

- 材料を耐放射線性の優れた物に変更する
- 放射線により材料が劣化しても、トータルの性能は要求を満足する様にシステムを設計する
- 遮蔽

システム耐放射線性化の開発ステップ



耐放射線性高品位カラーカメラの開発

開発目的

原子力施設内の高放射線環境下における遠隔監視、
遠隔点検の高度化

-110-

要求仕様

- 耐放射線性 線量率 $25.8 \text{ C/kg} \cdot \text{h}$ (10^5 R/h)
集積線量 $2.58 \times 10^4 \text{ C/kg}$
(10^8 R)
- 映像 高解像度
カラーの映像が得られる
- 形状 小型・軽量

開発項目

(1)レンズ及び光学系 — 耐放射線性化

(2)撮像管 — 耐放射線性化

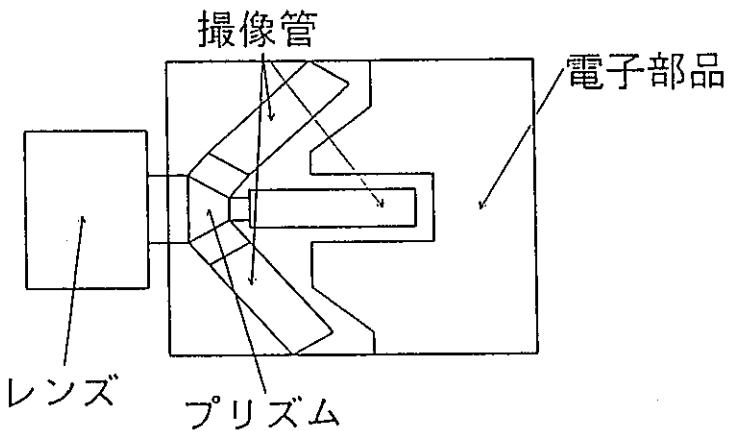
高解像度

放射線ノイズの除去

(3)電子回路 — 耐放射線性化

放射線による劣化の補償

(4)総合機能試験



開発内容

(1) レンズおよび光学系

- 可視光全域に渡る光透過率の確保
(放射線による着色の少ないガラス材料の選定)
- プリズムにおける青領域感度の増加

(2)撮像管

- 耐放射線性化

- フェースプレート材質の変更

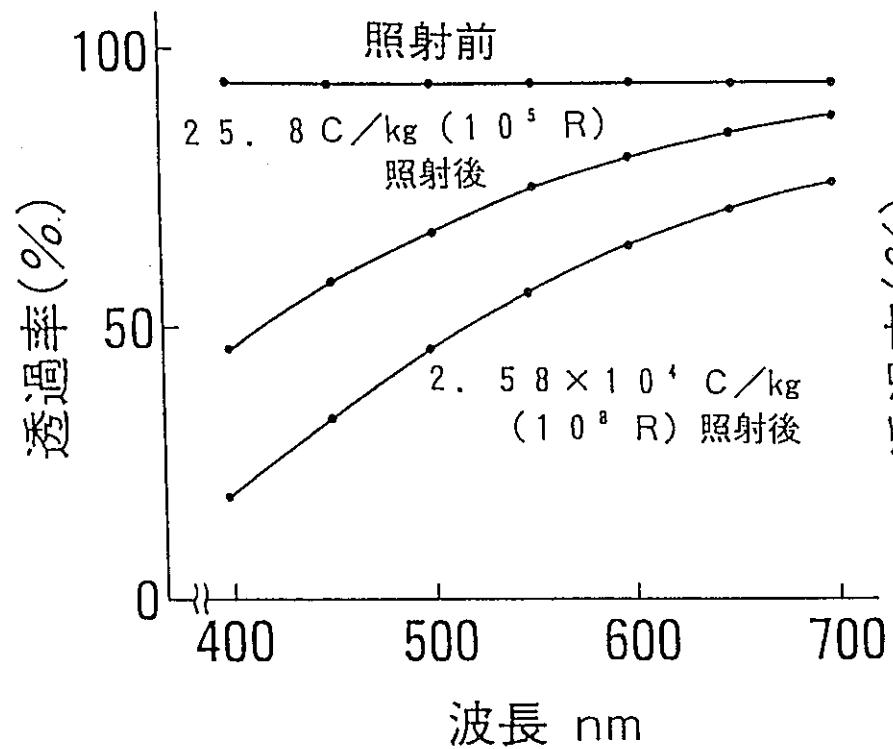
- ホウケイ酸ガラス⇒石英ガラス

- 高解像度化

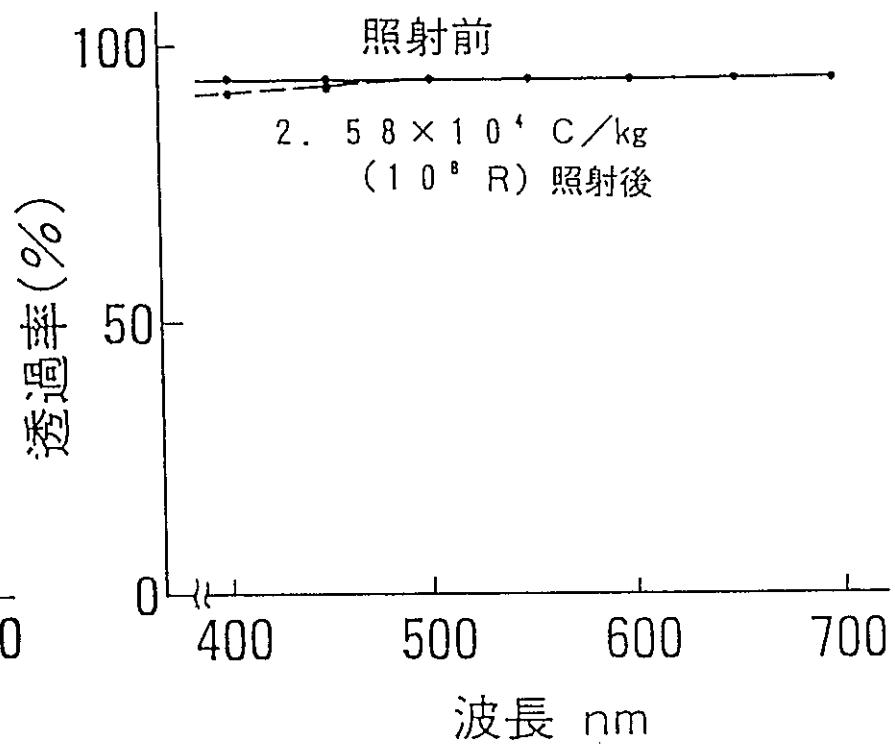
- 電子ビーム径を細くするため駆動系を高電圧化

- 放射線ノイズの除去

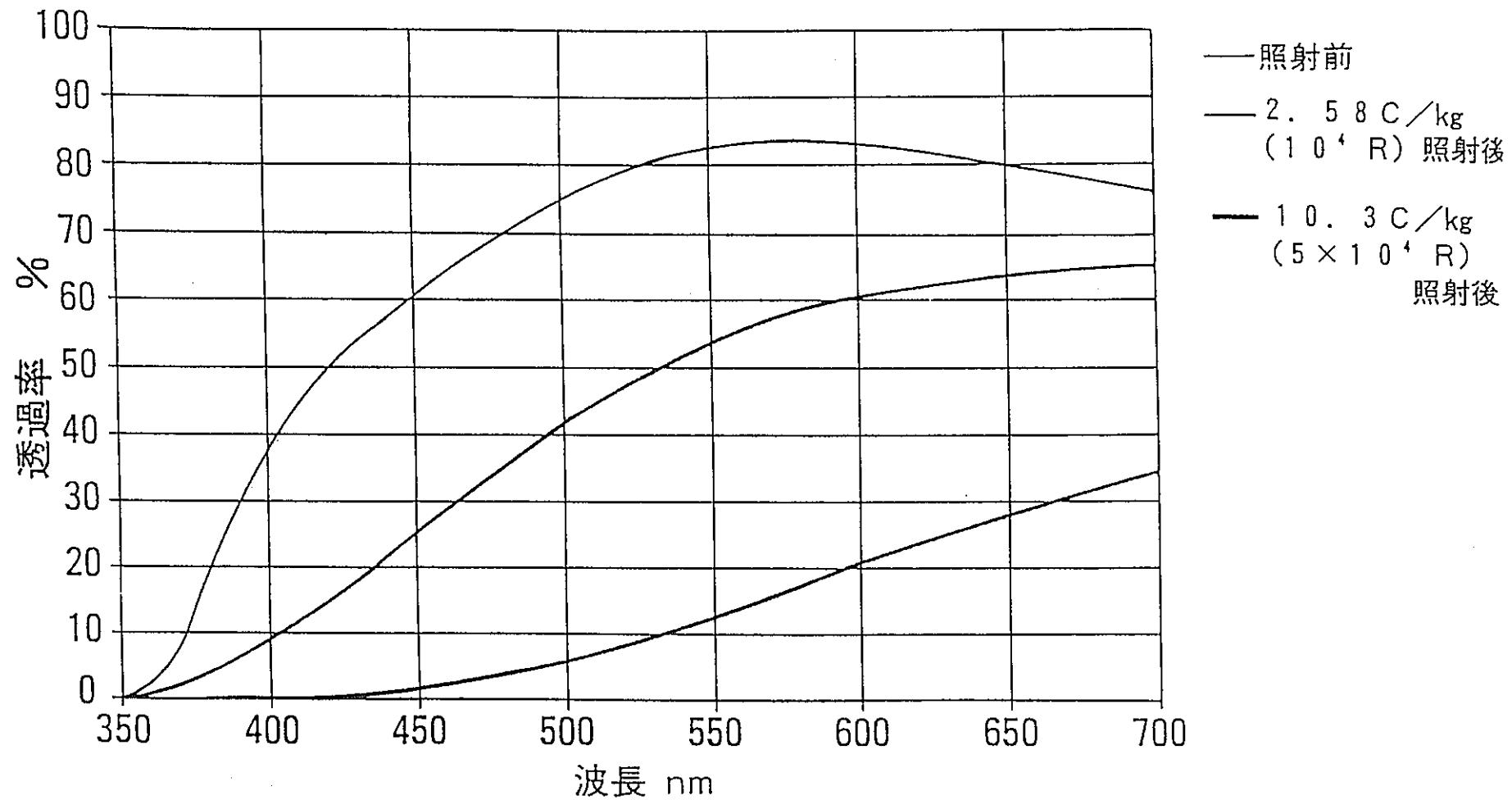
- γ線照射による暗電流の増加対策としてオプチカルブラック回路の採用



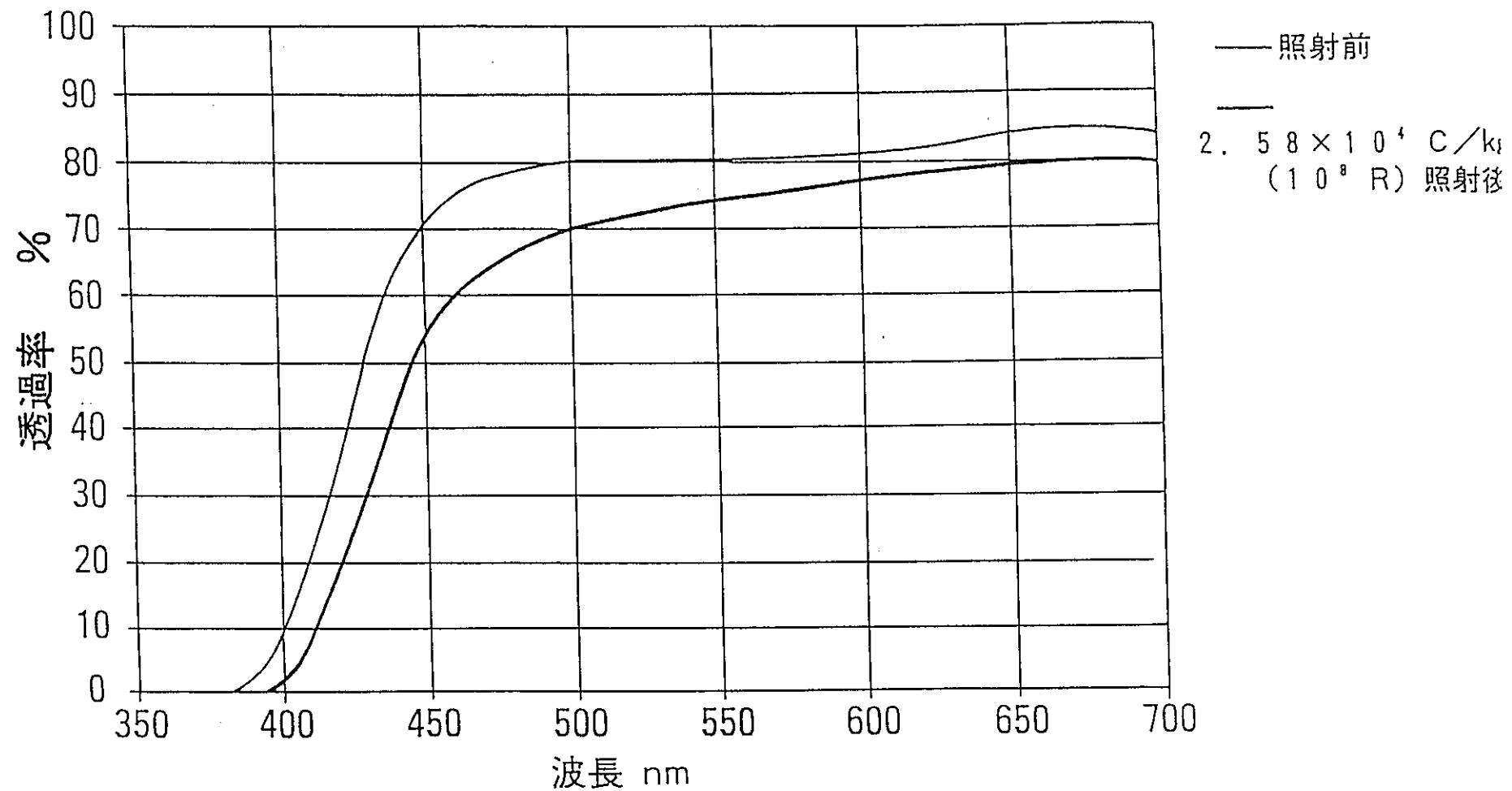
ホウケイ酸ガラスフェースプレートガラスの分光透過率特性



石英ガラスフェースプレートの分光透過率特性



市販10倍ズームレンズのγ線照射と光透過特性



試作6倍ズームレンズのγ線照射と光透過特性

(3)電子回路

- カメラヘッド内電子機器の削減

- カメラヘッドからCCUを分離

- 放射線に弱い電子部品の排除

- MOS系IC → TTLIC、バイポーラIC

- 放射線照射による機能劣化の補償

- 增幅回路の多段化

- 差動ペアフィードバックアンプの採用

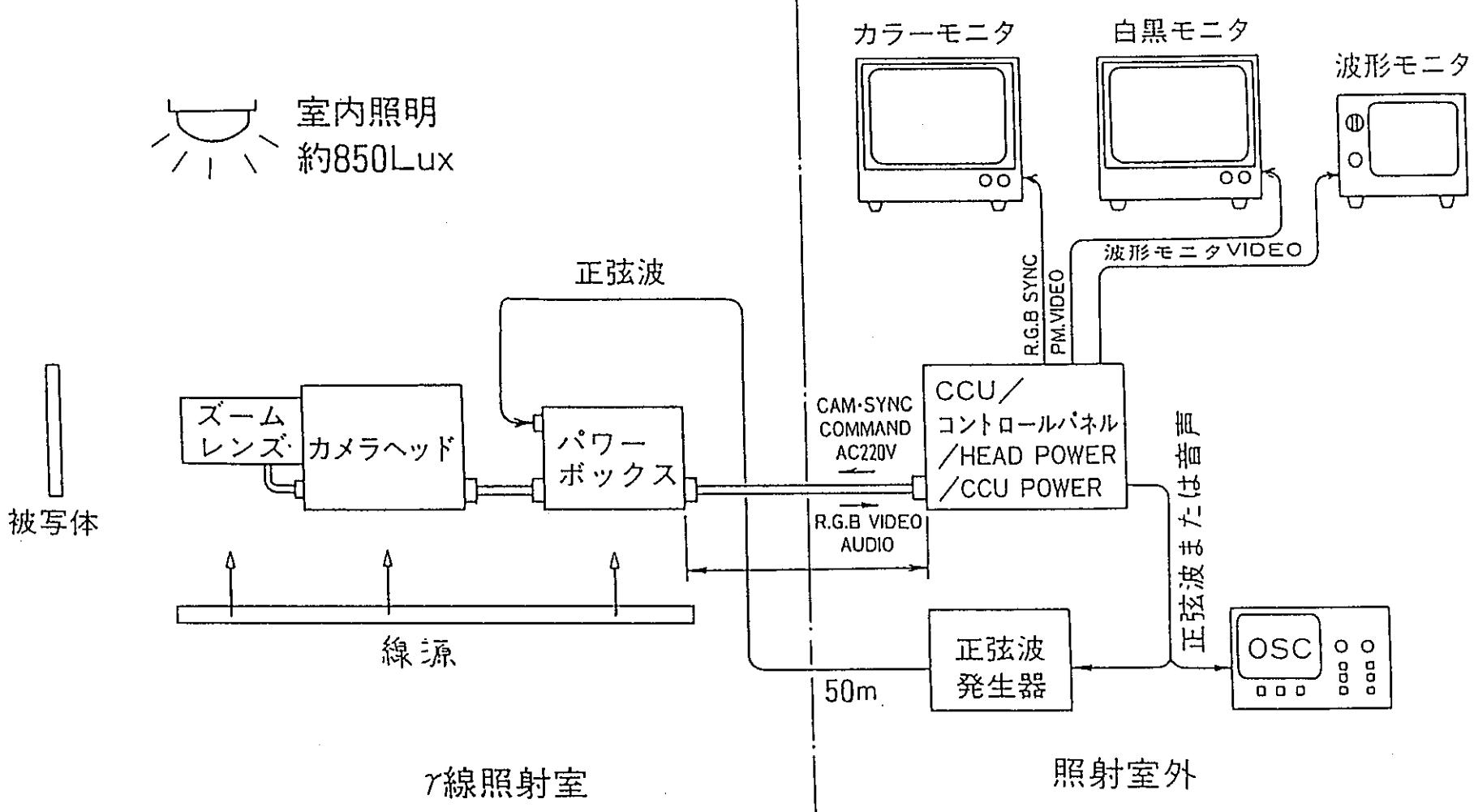
(4) 総合機能試験

試作カメラの仕様

- | | |
|---------|----------------|
| 1. 撮像管 | 2/3インチカルニコン |
| 2. 光学系 | プリズム分光方式 |
| 3. 解像度 | 水平700本 |
| 4. S/N比 | 約-35dB (Gch) |
| 5. 感度 | 2000 Lux, F5.6 |

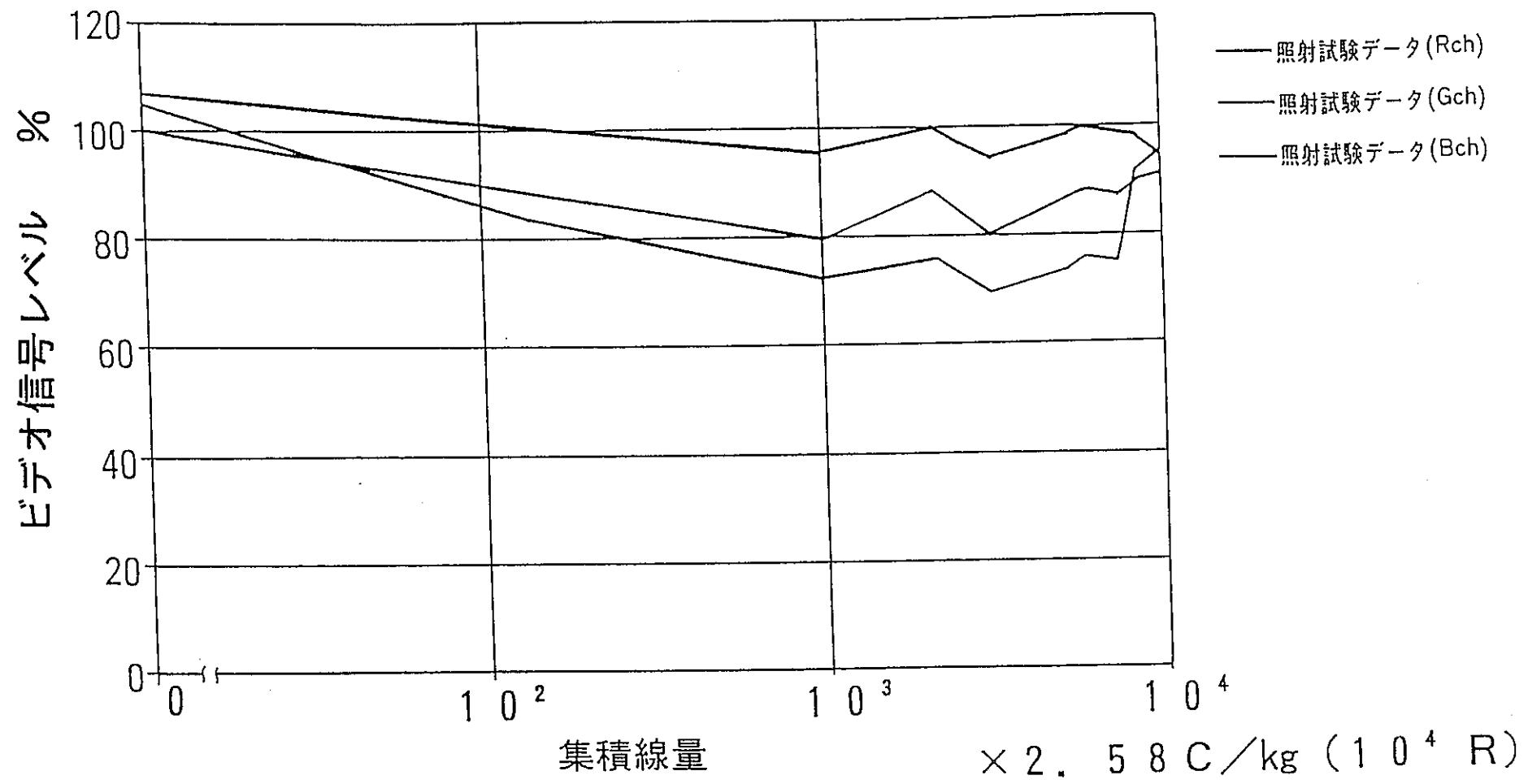
ズームレンズの仕様

- | | |
|--------|---|
| 1. 倍率 | 6倍 (16mm~96mm) |
| 2. 明るさ | F2 |
| 3. 色収差 | R: 50 μ m, B: 5 μ m (軸上色収差の変動) |
| 4. MTF | 中心 50%, 周辺 30% (6.6MHz, 絞り開放) |



γ 線照射試験 SYSTEM Block Diagram

-20-



試作カメラのγ線照射によるビデオ信号レベルの変化

まとめ

1. 照射試験により集積線量で $2.58 \times 10^4 \text{ C/kg}$ (10^8 R) の耐放射線性を確認した。
2. $2.58 \times 10^4 \text{ C/kg}$ (10^8 R) 照射後でも解像度が 700 本以上であり高放射線環境下における遠隔検査において特に有効であることが分かった。

総括

1. 合理的な設計手法の採用により、実用上問題のない耐放射線性機器の製作が可能である。
2. 機器の小型化、高性能化のために、素材レベルからの開発が必要になる。
3. 材料の性状変化に及ぼす環境の複合効果については、情報が少ない。