

2.9 原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内監視計測器

2.9.1 基本設計

2.9.1.1 設置の目的

福島第一原子力発電所1～3号機の原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内の冷却状態、未臨界状態、不活性雰囲気状態を適切に監視するため、原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内監視計測器を設置する。

2.9.1.2 要求される機能

- (1) 原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内の冷却状態を適切に監視できるとともに、記録が可能な機能を有すること。
- (2) 原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内の未臨界状態を適切に監視できるとともに、記録が可能な機能を有すること。
- (3) 原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内の不活性雰囲気状態を適切に監視できるとともに、記録が可能な機能を有すること。

2.9.1.3 設計方針

(1) 冷却状態の監視

原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内の冷却状態が監視できるとともに、記録が可能な機能を有する設計とする。

(2) 未臨界状態の監視

原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内の未臨界状態が監視できるとともに、記録が可能な機能を有する設計とする。

(3) 不活性雰囲気状態の監視

原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内の水素濃度が監視できるとともに、記録が可能な機能を有する設計とする。

2.9.1.4 供用期間中に確認する項目

- (1) 冷却状態の監視のための計測器が監視に使用できる状態であること。
- (2) 未臨界状態の監視のための計測器が監視に使用できる状態であること。
- (3) 不活性雰囲気状態の監視のための計測器が監視に使用できる状態であること。

2.9.1.5 主要な機器

(1) 設備概要

原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内監視計測器は、冷却状態の監視のための計測器として原子炉圧力容器・原子炉格納容器内温度計、未臨界状態の監視のための計測器としてガス放射線モニタ、不活性雰囲気状態の監視のための計測器として水素濃度

計で構成される。

原子炉压力容器・原子炉格納容器内温度計は、原子炉压力容器・原子炉格納容器内に設置し、免震重要棟集中監視室で遠隔監視可能な設備とする。免震重要棟集中監視室までの伝送設備については、多重化、無停電電源装置の設置、プラント監視計測器専用に設置している電源（プラント計測器用エンジン発電機）の確保等により十分に高い信頼性を確保し、かつ、維持し得る設備とする。

ガス放射線モニタ、水素濃度計は原子炉格納容器ガス管理設備に設置し、免震重要棟集中監視室で遠隔監視可能な設備とする。また、酸素濃度計も、原子炉格納容器ガス管理設備に設置する。

なお、今後の廃炉作業に向け、原子炉格納容器の漏洩孔位置に関する情報を得ることを目的として、原子炉格納容器水位計の設置を検討・実施することとしているが、冷却状態の補助的な監視としても使用する。

(2) 原子炉压力容器・原子炉格納容器内温度計

原子炉压力容器・原子炉格納容器内の周方向、高さ方向に温度検出器を複数設置する。また、温度計の指示値を記録可能な設備とする。ただし、故障と判断されたものについては除外する。なお、故障に伴い監視に使用できる温度計が減少することから新たな温度計の設置を検討・実施する。

既設の原子炉压力容器・原子炉格納容器内温度計については、事故後の過酷条件下で、一定の影響を受けているものの、事故後の状態変化に対し相当の挙動を示していること、また、その信頼性は冷温停止状態での監視に影響を及ぼす程度ではないことを確認している。既設の原子炉压力容器温度計による冷却状態の監視においては、温度計の不確かさ（20℃以内）を踏まえても原子炉压力容器底部の温度を概ね 100℃以下に維持できるように、約 80℃以下に維持することを目標に管理していく。さらに、燃料の一部が原子炉格納容器に移行している可能性を考慮し、原子炉格納容器内温度についても併せて確認していくこととし、原子炉格納容器内温度に全体的に著しい温度上昇傾向がないように管理していく。また、継続して既設温度計の信頼性評価を実施する。

(3) ガス放射線モニタ

ガス放射線モニタは2チャンネル設置し、指示値を記録可能な設備とする。

未臨界状態の監視においては、ガス放射線モニタで短半減期核種である Xe-135 を監視する。

(4) 水素濃度計

水素濃度計は2チャンネル設置し、指示値を記録可能な設備とする。

(5) 酸素濃度計

酸素濃度計は、原子炉格納容器ガス管理設備に設置する。

(6) 電源構成

電源は異なる系統の所内高圧母線から受電できる構成とし、外部電源喪失の場合でも、非常用所内電源から受電できる構成とする。

2.9.1.6 自然災害対策等

(1) 津波

原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内監視計測器については、仮設防潮堤を設置したことでアウトサイズ津波の影響がないと想定される O.P. 10m 以上のエリアに設置する。

(2) 火災

現場盤等からの火災が考えられることから、初期消火の対応ができるよう近傍に消火器を設置する。

2.9.1.7 構造強度及び耐震性

原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内監視計測器については、一般産業施設と同等以上の安全性を保持するものとして設計する。

原子炉圧力容器・原子炉格納容器内温度計については、集中監視室までの伝送設備の多重化、プラント監視計測器専用設置している電源の確保等により十分に高い信頼性を確保しているものの、地震等で機能が喪失した場合には、他の関連計器の監視や、地震や津波が収まった後、各設備の設置箇所又は 1～4 号機の中央制御室の計測機器の監視を行うとともに、復旧に努める。

2.9.1.8 機器の故障への対応

2.9.1.8.1 機器の単一故障

(1) 原子炉圧力容器・原子炉格納容器内温度計の故障

原子炉圧力容器・原子炉格納容器内温度計は複数有り、故障時には故障した温度計を除外し、他の温度計で原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内の冷却状態の監視を行うとともに、必要に応じて復旧に努める。

(2) ガス放射線モニタの故障

ガス放射線モニタは、2チャンネルの連続運転であり、1チャンネル故障時には他の1チャンネルのガス放射線モニタで原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内の未臨界状態の監視を行う。

(3) 水素濃度計の故障

水素濃度計は，2チャンネルの連続運転であり，1チャンネル故障時には他の1チャンネルの水素濃度計で原子炉压力容器内・原子炉格納容器内の不活性雰囲気状態の監視を行う。

(4) 伝送設備等の故障

伝送設備等は，多重化しており，単一故障時には他の伝送設備等を使用している計測器を用いて，原子炉压力容器内・原子炉格納容器内の冷却状態，未臨界状態，不活性雰囲気状態の監視を行う。

(5) 電源喪失

1系統の電源喪失においては，他の電源より供給されている計測器により，原子炉压力容器内・原子炉格納容器内の冷却状態，未臨界状態，不活性雰囲気状態の監視を行う。

2.9.1.8.2 複数の設備の同時機能喪失

(1) 原子炉压力容器・原子炉格納容器内温度計の故障

原子炉压力容器・原子炉格納容器内温度計は複数有り，故障時には故障した温度計を除外し，他の温度計で監視を行う。全ての温度計が故障により機能喪失した場合には，他の関連計器を監視することにより原子炉压力容器内・原子炉格納容器内の冷却状態の監視を行うとともに，復旧に努める。

(2) ガス放射線モニタの故障

ガス放射線モニタが全て故障した場合，ガス放射線モニタを復旧させる措置を行うとともに，代替措置として原子炉压力容器底部温度計，モニタリングポストにより，未臨界状態の監視を行う。

(3) 水素濃度計の故障

水素濃度計が全て故障した場合，速やかに復旧させる措置を行うとともに，代替措置として，必要な窒素封入量が確保されていることの確認を行う。

(4) 伝送設備等の故障

伝送設備等の故障により遠隔監視に支障が生じた場合には，故障機器の交換等を行い速やかに復旧することを原則とするが，復旧までに時間を要する場合には，関連するパラメータの監視や，必要に応じて各設備の設置箇所又は1～4号機の中央制御室の計測機器を監視する等により，原子炉压力容器内・原子炉格納容器内の冷却

状態、未臨界状態、不活性雰囲気状態の監視を行う。

(5) 電源喪失

a. 原子炉圧力容器・原子炉格納容器内温度計

2系統の電源喪失においては、非常用所内電源から受電する。

非常用所内電源からの受電が困難となった場合は、無停電電源装置、プラント監視計測器専用設置している電源（プラント計測器用エンジン発電機）から必要な電源を供給する。

b. ガス放射線モニタ、水素濃度計

2系統の電源喪失においては、非常用所内電源から受電する。

非常用電源からの受電が困難となった場合は、速やかに復旧させる措置を行うとともに、他の関連計測器の確認を行うなどの代替措置を行う。

2.9.1.8.3 原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内監視機能喪失事象に対する評価

監視機能喪失により、原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内の状態把握が困難となるが、監視機能であり、原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内の状態に直接的な影響を与えるものではない。また、原子炉への注水量の減少操作や、窒素封入量の減少操作といった原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内の状態を変化させる操作を実施しないこと、必要な注水量や窒素封入量が確保されていることを確認することにより、原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内の状態を把握することが可能である。

2.9.2 基本仕様

2.9.2.1 主要仕様

(1) 1号機

a. 原子炉圧力容器・原子炉格納容器内温度計

(原子炉圧力容器温度) (既設)

検出器の種類	熱電対
計測範囲	0～約 300 °C
個数	42 (添付資料-1 図-1. No. 1～42)

(原子炉格納容器内温度) (既設)

検出器の種類	熱電対
計測範囲	0～約 300 °C
個数	7 (添付資料-1 図-1. No. 43～49)

(原子炉格納容器内温度) (既設)

検出器の種類	熱電対
計測範囲	0～約 200 °C
個数	15 (添付資料-1 図-1. No. 50～64)

(原子炉格納容器内温度)

検出器の種類	熱電対
計測範囲	-40～約 300 °C
個数	7 (添付資料-1 図-1. No. 65～71)

b. ガス放射線モニタ

検出器の種類	半導体検出器
計測範囲	0～ $1.4 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$
チャンネル数	2

c. 水素濃度計

検出器の種類	熱伝導度式水素濃度検出器
計測範囲	0～5 vol%
チャンネル数	2

d. 酸素濃度計

検出器の種類	隔膜ガルバニ電池式酸素濃度検出器
計測範囲	0～25 vol%
チャンネル数	2

(2) 2号機

a. 原子炉圧力容器・原子炉格納容器内温度計

(原子炉圧力容器温度) (既設)

検出器の種類	熱電対
計測範囲	0～約 300 °C
個数	41 (添付資料-1 図-2. No. 1～41)

(原子炉圧力容器温度)

検出器の種類	熱電対
計測範囲	0～約 300 °C
個数	1 (添付資料-1 図-2. No. 78)

(原子炉格納容器内温度) (既設)

検出器の種類	熱電対
計測範囲	0～約 300 °C
個数	11 (添付資料-1 図-2. No. 42～52)

(原子炉格納容器内温度) (既設)

検出器の種類	熱電対
計測範囲	0～約 200 °C
個数	25 (添付資料-1 図-2. No. 53～77)

(原子炉格納容器内温度)

検出器の種類	熱電対
計測範囲	0～約 300 °C
個数	8 (添付資料-1 図-2. No. 80～87)

b. ガス放射線モニタ

検出器の種類	シンチレーション検出器
計測範囲	1～10 ⁵ s ⁻¹
チャンネル数	2

c. 水素濃度計

検出器の種類	熱伝導度式水素濃度検出器
計測範囲	0～5 vol%
チャンネル数	2

d. 酸素濃度計 (可搬式)

検出器の種類	隔膜ガルバニ電池式酸素濃度検出器
計測範囲	0～25 vol%
個数	1

(3) 3号機

a. 原子炉圧力容器・原子炉格納容器内温度計

(原子炉圧力容器温度) (既設)

検出器の種類	熱電対
計測範囲	0～約 300 °C
個数	42 (添付資料-1 図-3. No. 1～42)

(原子炉格納容器内温度) (既設)

検出器の種類	熱電対
計測範囲	0～約 300 °C
個数	11 (添付資料-1 図-3. No. 43～53)

(原子炉格納容器内温度) (既設)

検出器の種類	熱電対
計測範囲	0～約 200 °C
個数	25 (添付資料-1 図-3. No54～78)

(原子炉格納容器内温度)

検出器の種類	熱電対
計測範囲	0～約 300 °C
個数	5 (添付資料-1 図-3. No79～83)

b. ガス放射線モニタ

検出器の種類	シンチレーション検出器
計測範囲	1～10 ⁵ s ⁻¹
チャンネル数	2

c. 水素濃度計

検出器の種類	熱伝導度式水素濃度検出器
計測範囲	0～5 vol%
チャンネル数	2

d. 酸素濃度計 (可搬式)

検出器の種類	隔膜ガルバニ電池式酸素濃度検出器
計測範囲	0～25 vol%
個数	1

2.9.3 添付資料

添付資料-1 原子炉圧力容器・原子炉格納容器内温度検出器 配置図

添付資料-2 ガス放射線モニタ, 水素濃度計 系統概略図

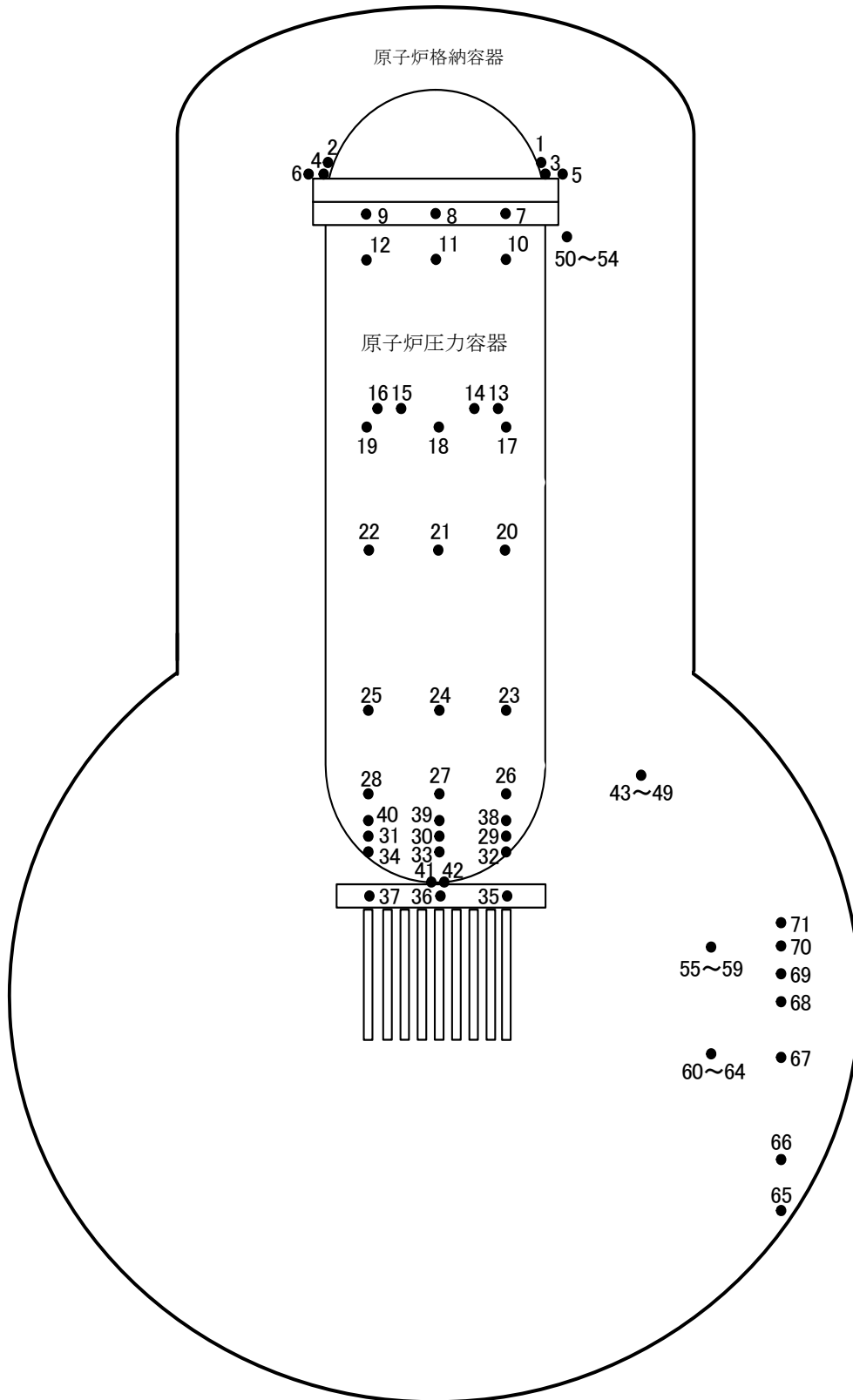


図- 1. 1号機 原子炉压力容器・原子炉格納容器内温度検出器 配置図

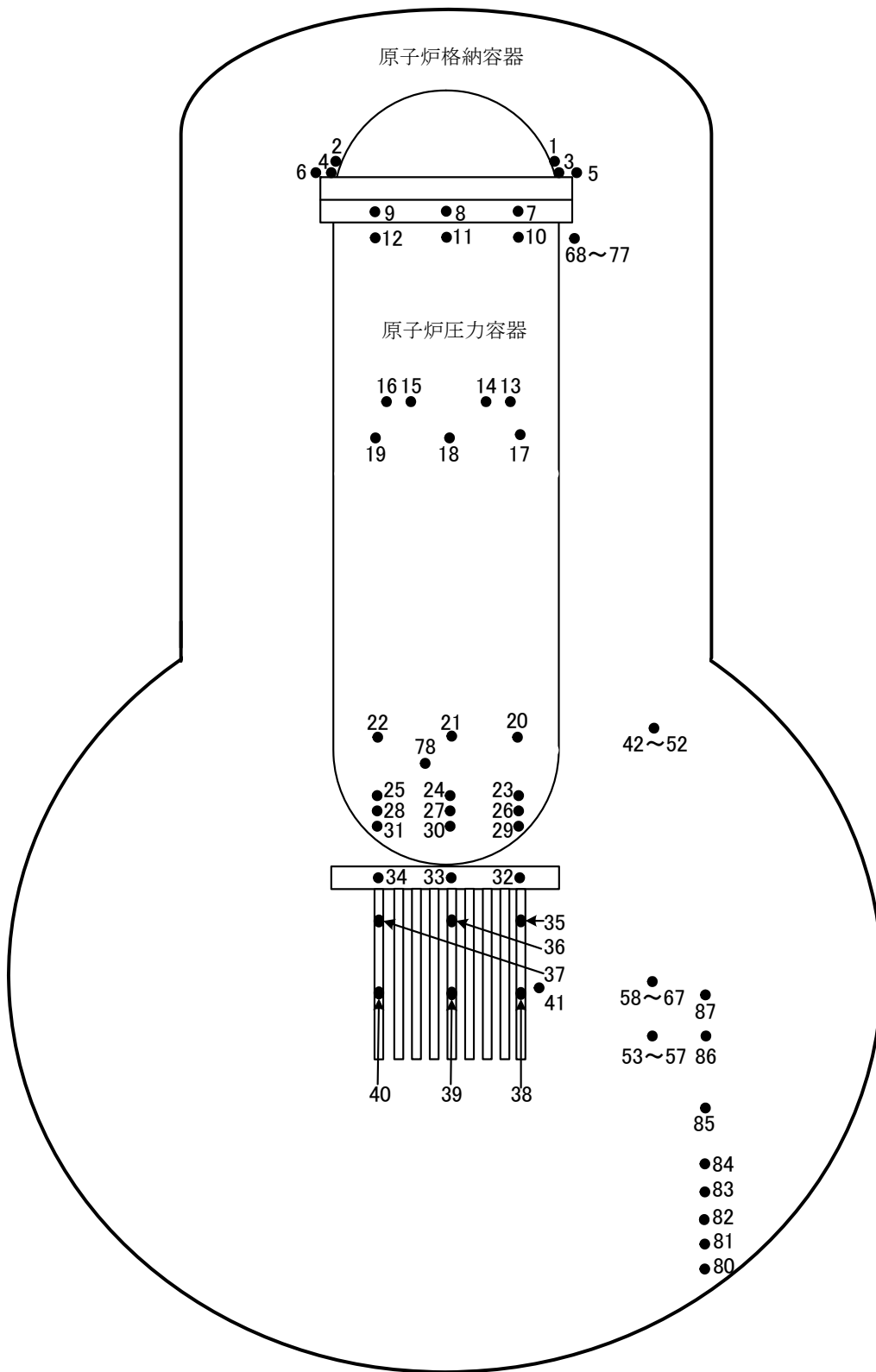


図-2. 2号機 原子炉压力容器・原子炉格納容器内温度検出器 配置図

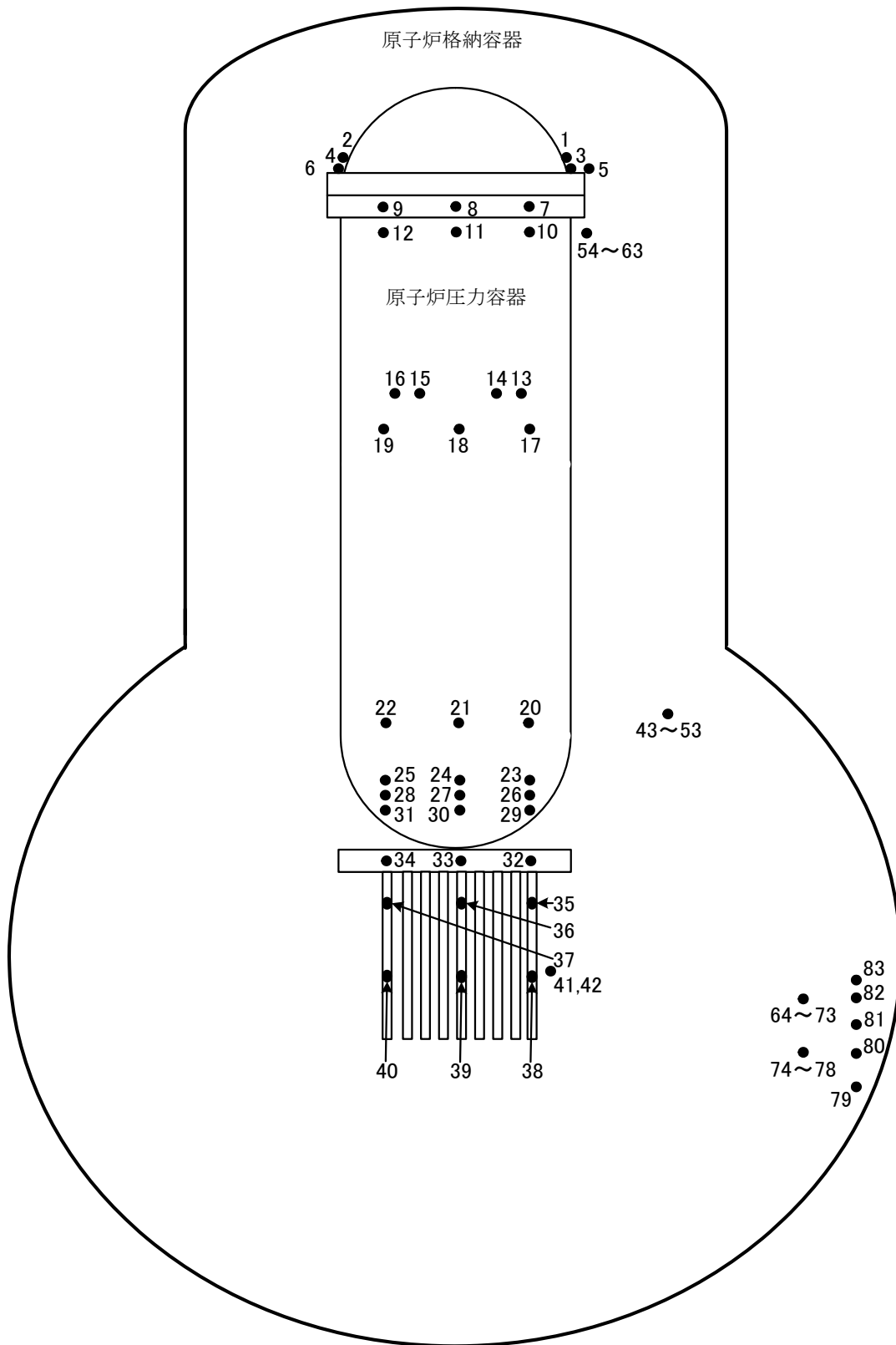


図-3. 3号機 原子炉压力容器・原子炉格納容器内温度検出器 配置図

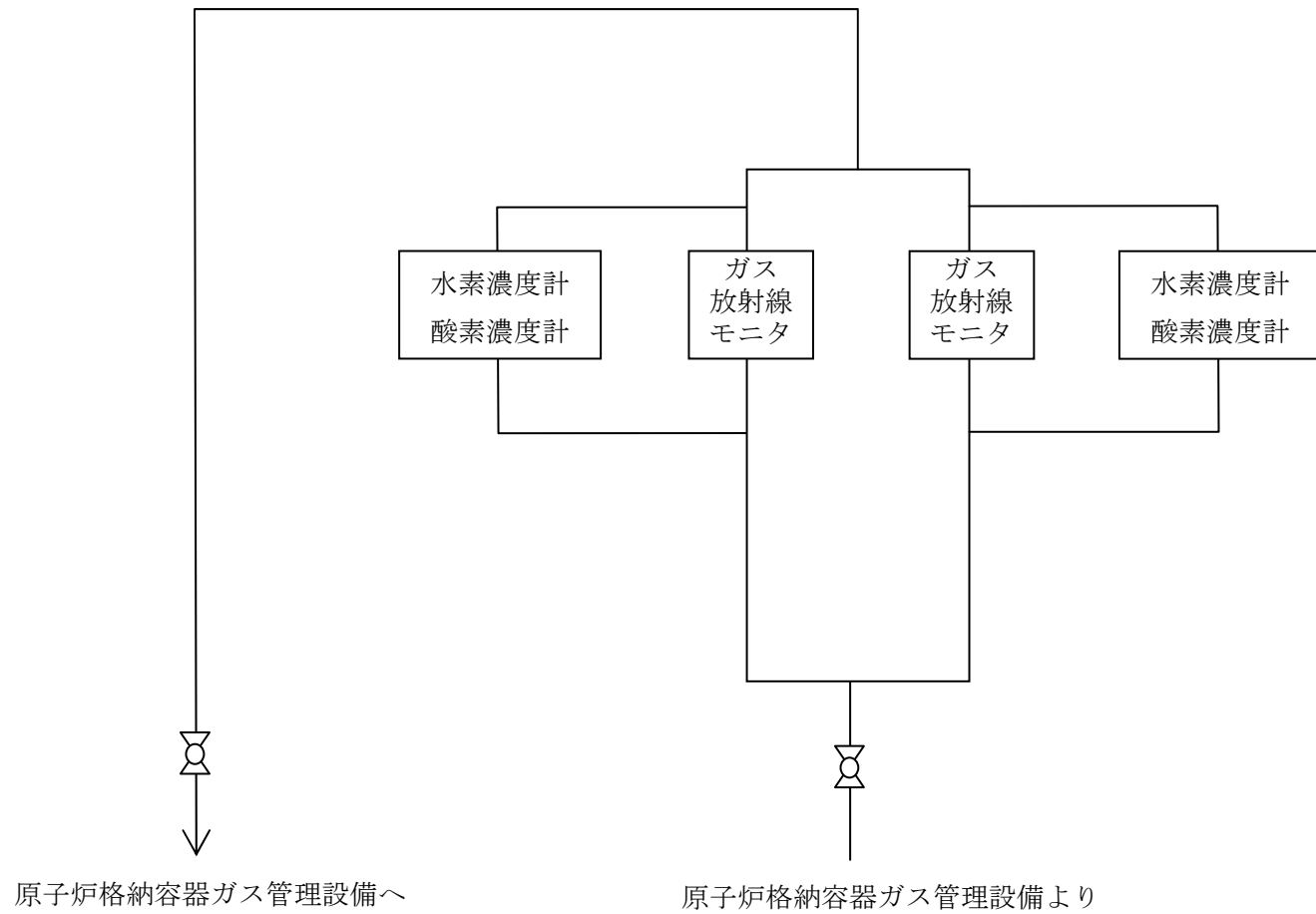


図-1. 1号機 ガス放射線モニタ, 水素濃度計 系統概略図

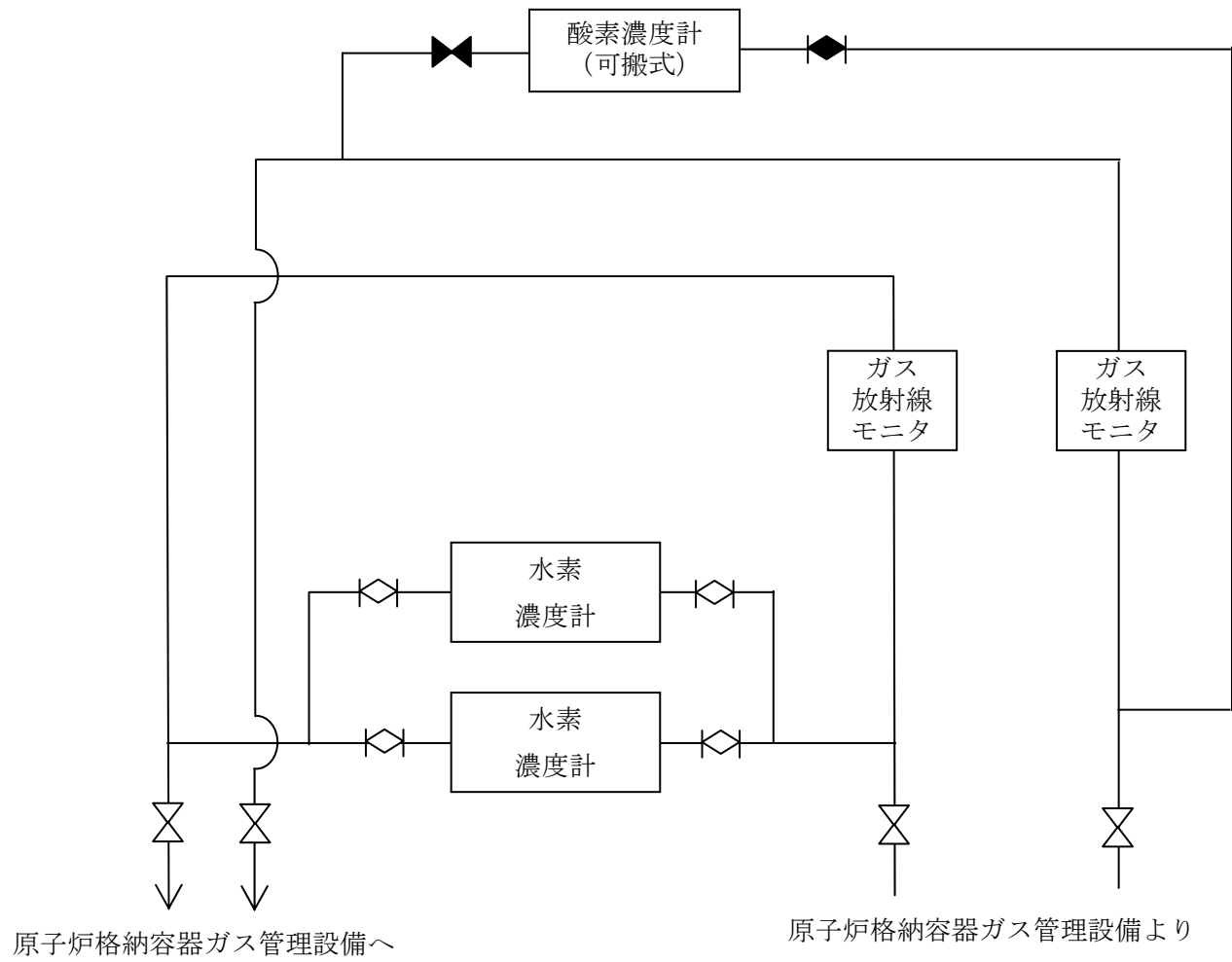


図-2. 2号機 ガス放射線モニタ, 水素濃度計 系統概略図

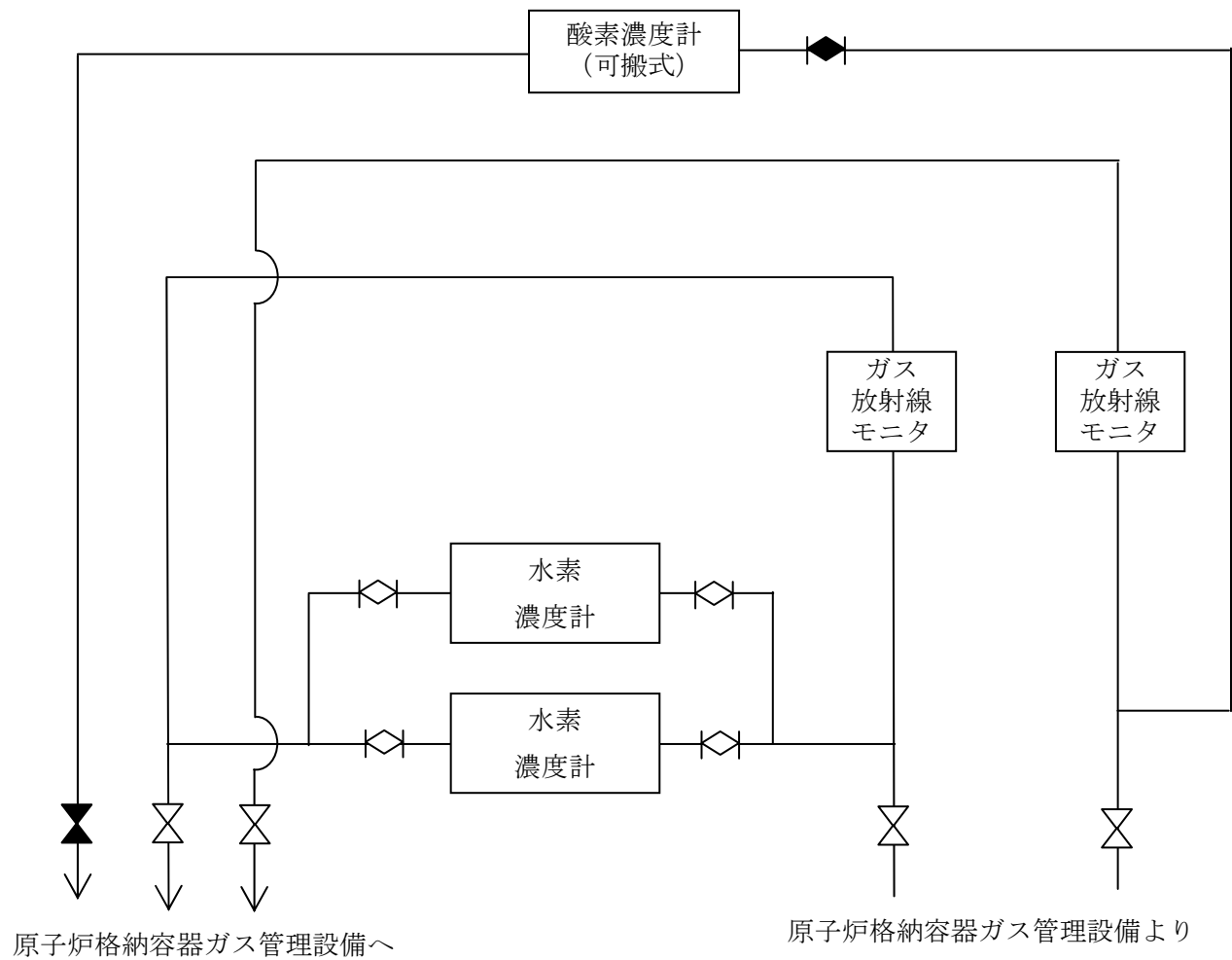


図-3. 3号機 ガス放射線モニタ, 水素濃度計 系統概略図