

2 次冷却系におけるガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出器(RID)及び接触型ナトリウム漏えい検出器(CLD)について

1. 目的

ナトリウム漏えい検出器は、ナトリウムを内蔵する機器、配管からナトリウムが漏えいした場合に、その漏えいを検出する設備であり、ガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出器、接触型ナトリウム漏えい検出器、空気雰囲気セルモニタ等がある。

このうち、2 次系ガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出器(以下 RID という)は、2 次主冷却系及び補助冷却設備の機器、配管を対象として設置され、それらの機器、配管からのナトリウム漏えいがないことを監視する。また、2 次系接触型ナトリウム漏えい検出器(以下 CLD という)は、2 次ナトリウム補助設備、補助冷却設備のタンク、弁及び補助冷却設備空気冷却器等に設置している。

ナトリウム冷却型原子炉は、内圧が低いこと、延性に富むオーステナイトステンレス鋼を使用していることから、その破損形態は、漏えい先行型破損(LBB: Leak Before Break)の様相を呈する。このため、漏えい規模が拡大する前の微小漏えいまたは小漏えいの段階にて、速やかにかつ確実に漏えいを検出する。

2. 検出器概要

(1) ガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出器の概要

ガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出器の内 RID は、ナトリウムの微小漏えいを検出する目的で「もんじゅ」用に開発された漏えい検出器である。2 次系ナトリウム配管、機器と保温層間の隙間から吸引した空気(サンプリングガス)を検出器(放射線イオン化式検出器)に送り、ナトリウムの微小漏えいを検出する。ガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出器の検出性能は、100g/h の微小なナトリウム漏えいを 24 時間以内に検知^{*1}するため、空気中において、 10^{-10} g/cc 以上のナトリウムエアロゾル濃度(煙)を検出する感度を有している。ガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出器のシステム概要を図-1 に示す。

*1: ガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出器としては早期にナトリウム漏えいを検出することが望ましいが、安全上必要な検出性能は急速な伝播型破損を防止することである。このため、保温構造内に留まる程度のナトリウム漏えい量に対して先行型破損を前提とした漏えい検出性能を定めるにあたり、ASME Boiler And Pressure Vessel Code Section XI Division 3 (Rules for Inspection and Testing of Components of Liquid-Metal Cooled Plants) を参考として、100g/h のナトリウム漏えいを 24 時間以内に検知することとした。

ガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出器は、RID の他に、サンプリングフィルタを有し、RID に吸引したサンプリングガスの一部をサンプリングフィ

ルタに通気し、捕集した成分を化学的に分析（アルカリ反応の有無）することにより、ナトリウム漏えいの有無を確認する。サンプリングフィルタは通常は通気せず、RIDによるナトリウム漏えい警報が発報した場合に通気することとしている。

なお、原子力機構では、ガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出器の検出性能を確認するため 100g/h の漏えい量によるモックアップ試験を実施している。これらの試験において約 100g/h の漏えい率で 1 日程度のナトリウム漏えいでは、保温構造外にナトリウムが漏れてこないことを確認している。

(2)CLD の概要

CLD は、設置箇所にナトリウムが到達し、検出部の電極が導通した場合に警報を発する構造とし、漏えいし流れてきたナトリウムを検知する。

CLD は、機器からの漏えいで保温構造内等ナトリウムが溜まりやすい箇所、弁については、ベローズ部からの漏えいを監視できるように設定している。タンク、弁、補助冷却設備空気冷却器における CLD の設置状況を図-2、図-3、図-4 に示す。

3. 警報発報時の対応について

RID、CLD は、検出器の故障等により、漏えい警報が発報することがある。そのため、RID、CLD の単一漏えい警報が発報した場合、検出器の故障なのかあるいはナトリウム漏えいによるものなのかの確認を行うこととしている。

(1)RID の漏えい警報が発報した場合

RID の漏えい警報が発報した場合は、ITV 確認、現場確認等を行う。警報発報原因が、サンプリング流量調整や作業等による場合は誤警報と判断する。警報発報原因を特定できない場合は、サンプリングフィルタの通気を 10 分間*2 行い、フィルタのアルカリ反応の確認を行う。漏えい警報発報からフィルタ通気、アルカリ反応の確認までは約 1 時間 30 分を想定している。

フィルタにアルカリ反応が出た場合は、ナトリウム漏えいと判断し、LCO 逸脱を宣言した上で、原子炉を手動トリップ後緊急ドレン操作を行う。アルカリ反応が出なかった場合は、誤警報と判断する。

*2：RID の流量が最も少ないヘッダ流量箇所において、RID の検出能力である 10^{-10} g/cc の濃度のエアロゾルが発生した状態で 10 分間通気した場合、フィルタへの付着量は約 $8\mu\text{g}$ となる。エアロゾルがフィルタに $8\mu\text{g}$ の付着した状態でアルカリ反応の有無を確認できることを実験室レベルで確認していることから、RID の通気時間を 10 分としている。

平成 19 年 12 月 5 日の保安検査において、サンプリングフィルタの通気確認を行ったところ、フィルタにアルカリ反応を示す青色への変色が認められた。この原因は、フィルタを交換時に使用したゴム手袋に付着していたパウダーの成分であることが判明した。対策として、発電課の「運転消耗品管理マニユア

ル」に分析に使用する物品購入に対して安全管理課の確認を受けることを明記した。また、フィルタ交換作業に多少手間取ったことから、フィルタフォルダへのフィルタ交換作業は現場で行わず、フィルタフォルダごと交換する運転手順に変更した。

(2) CLD の漏えい警報が発報した場合

① CLD の漏えい警報が発報した場合の対応及び所要時間

CLD の漏えい警報が発報した場合は、ナトリウムが漏えいしているのか、誤警報であるのかの確認を下記手順にて行う。

- 1) ITV 確認、現場確認等を行う。CLD の設置箇所の内、コールドトラップの CLD、水素計ユニット内の CLD は目視確認によりナトリウムの漏えいの有無を確認することができる。
- 2) 警報発報原因が作業等による場合は誤警報と判断する。
- 3) 警報発報原因を特定できない場合は、LC0 逸脱を宣言した上で、24 時間の範囲内で速やかに保守担当課で CLD の検出系点検にて検出器側か信号処理側かの確認を行い、信号処理側の場合は誤警報と判断する。
- 4) 警報発報原因が検出器側の場合は、原子炉を通常停止し、ナトリウムドレン後 CLD の検出器を取り外し、電極部にナトリウムまたはゴミ等が付着していないか、目視により確認する。
- 5) 電極部をペーパーにて拭き取り、化学分析によりナトリウムの有無を確認する。

本手順の 1) 及び 2) の所要時間は、運転員の確認であり約 30 分を想定している。3) は補助冷却設備空気冷却器に設置されている CLD のように高所に設置されている箇所があることから、保守担当課による足場設置等の作業により原因調査には最大で約 10 時間要すると考えられる。

② CLD の漏えい警報発報原因究明中に対する考え方

原子炉運転中において CLD の漏えい警報が発報し、運転員が関連パラメータや現場確認等でナトリウム漏えいを確認できない場合は、当直長は LC0 逸脱を宣言する。その後保守担当課にて、24 時間の範囲で速やかに検出器系の点検を行い、誤警報と判断できない場合は、速やかに原子炉の通常停止を行い、低温停止後ナトリウムドレン操作を行うこととしている。(24 時間の範囲で速やかにナトリウム漏えいでないことを確認できない場合は、原子炉を通常停止とし、低温停止後ナトリウムドレン操作を開始することを保安規定に規定している。)

原因究明中や通常停止操作中は、他の漏えい監視装置や ITV での監視を強化し、ナトリウム漏えいを確認した場合は速やかに原子炉を手動トリップし、緊急ドレンを行うこととしている。 以 上

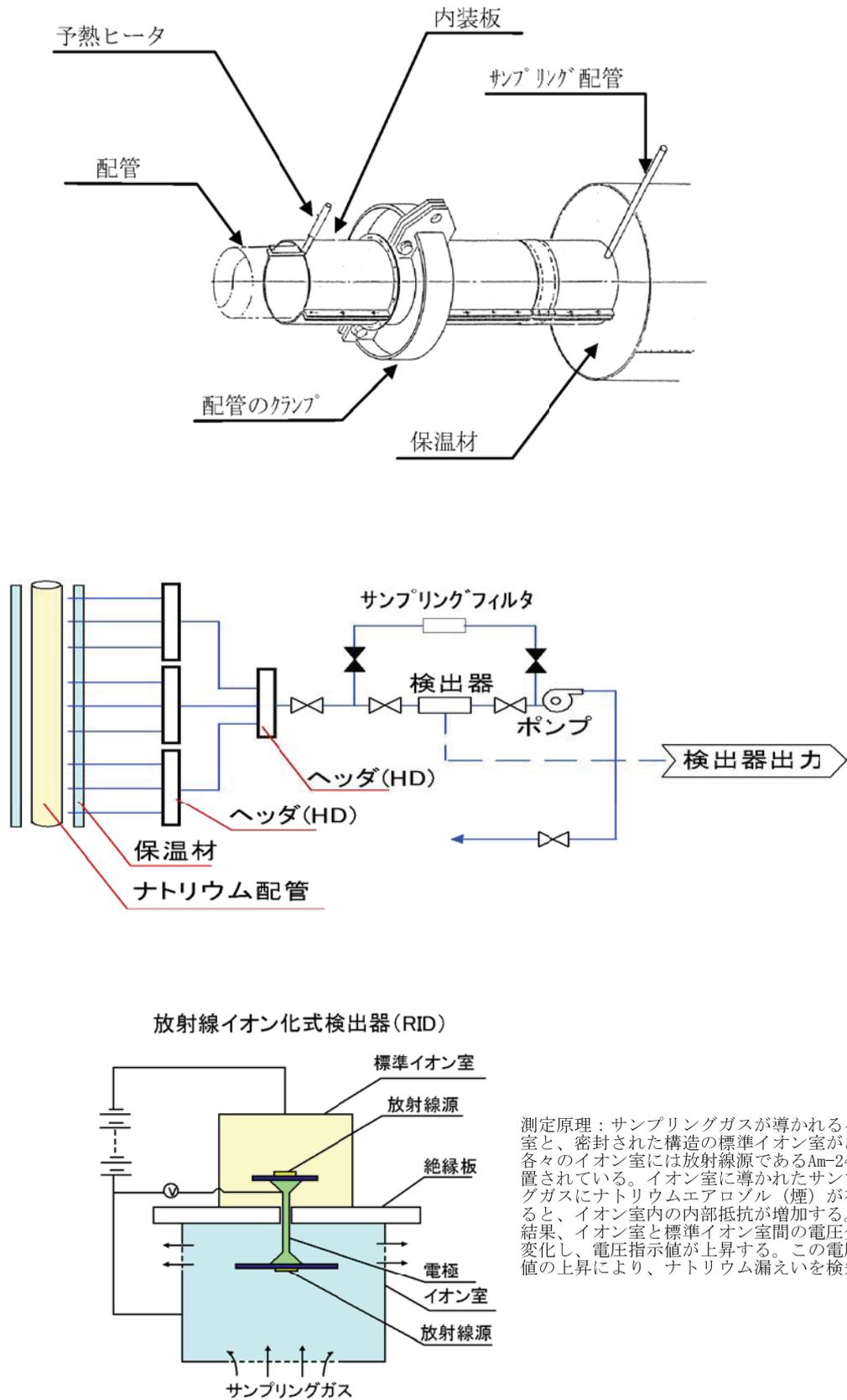


図-1 2次系ガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出器のシステム概要

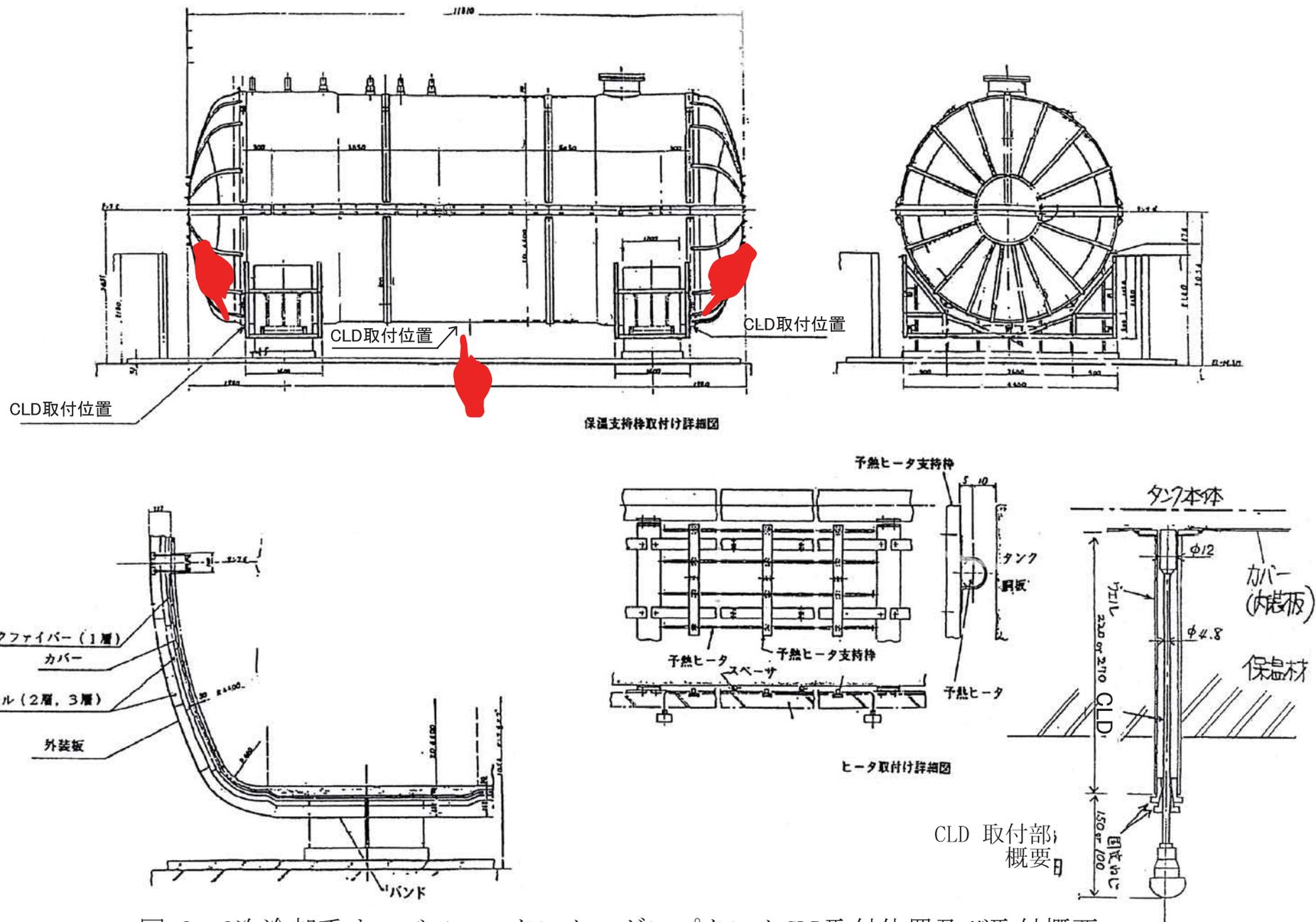
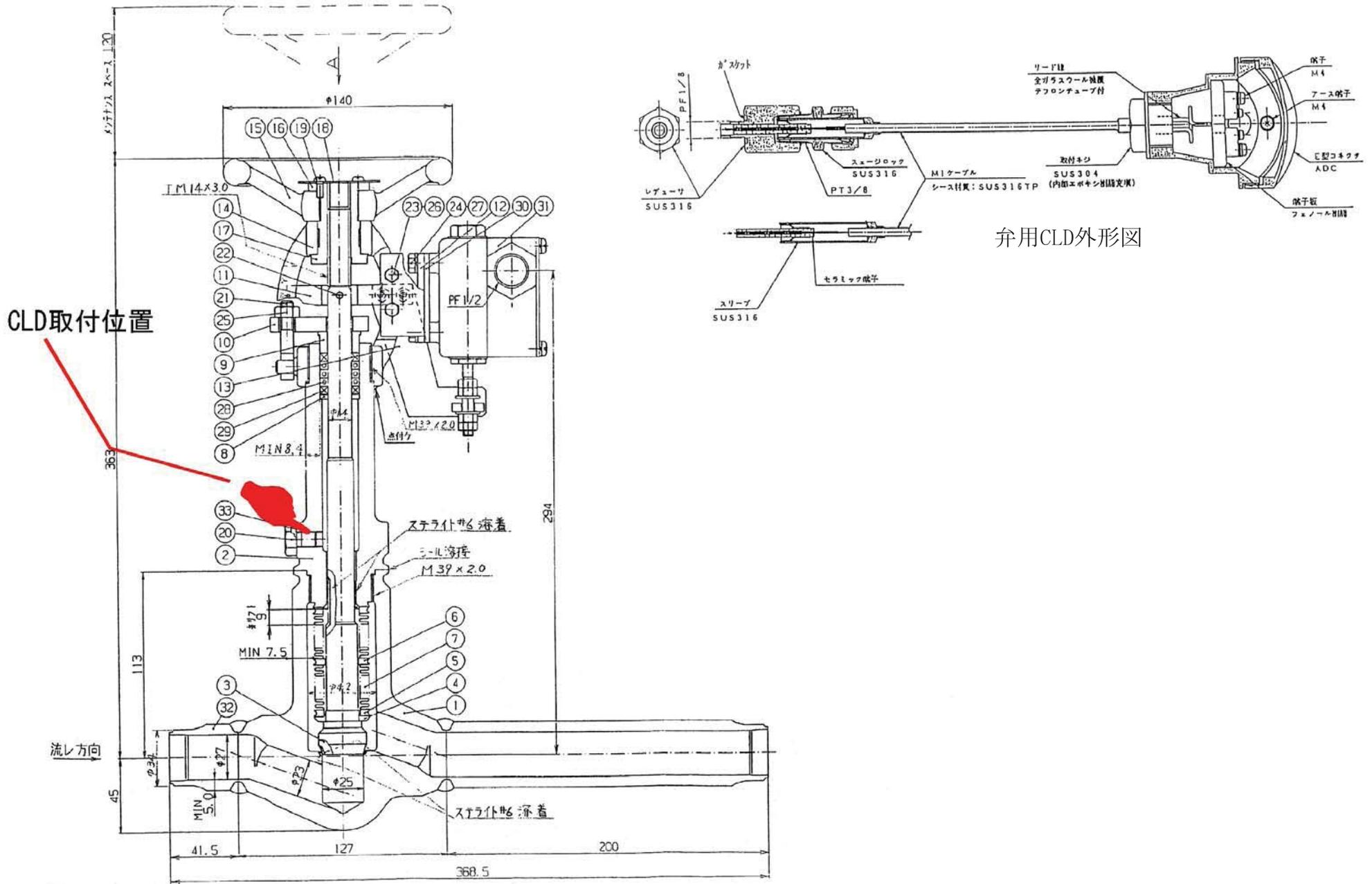


図-2 2次冷却系オーバフロータンク、ダンプタンクCLD取付位置及び取付概要



弃用CLD外形図

図-3 ベローズシールタイプの弁及び弃用CLD外形図

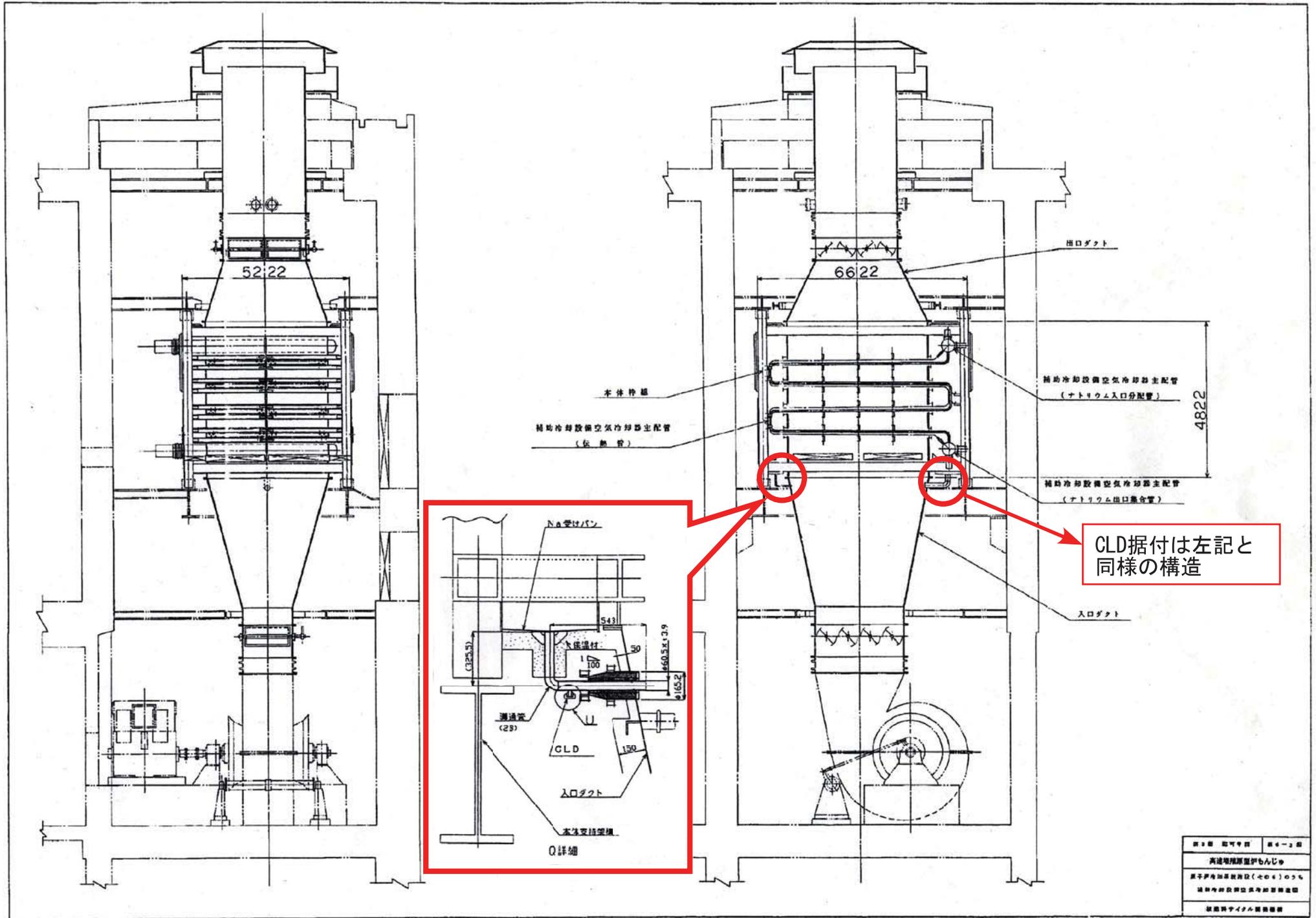
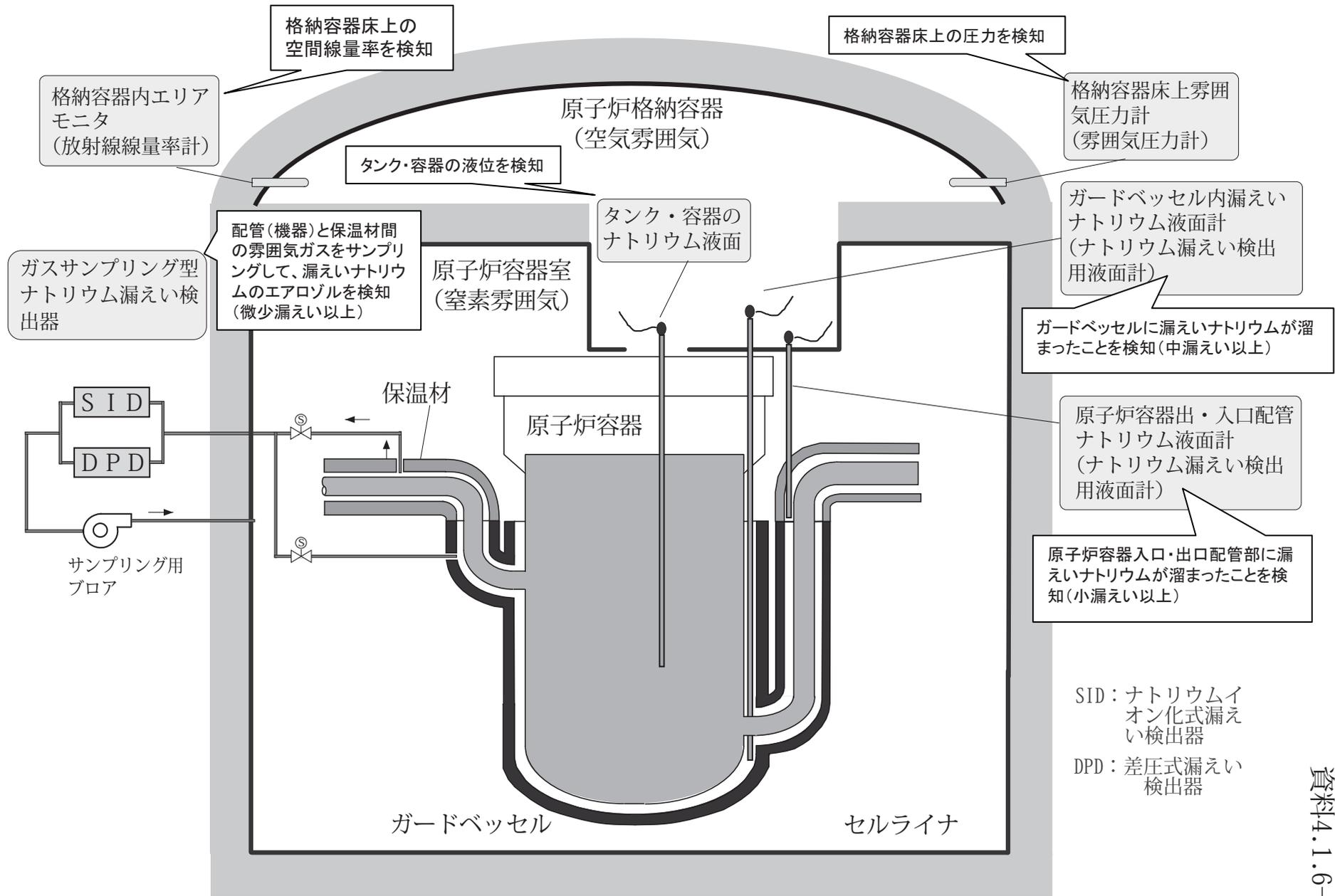


図-4 補助冷却設備空気冷却器CLD設置状況



SID：ナトリウムイオン化式漏えい検出器
 DPD：差圧式漏えい検出器

図1 原子炉容器室におけるナトリウム漏えい検出設備概略図

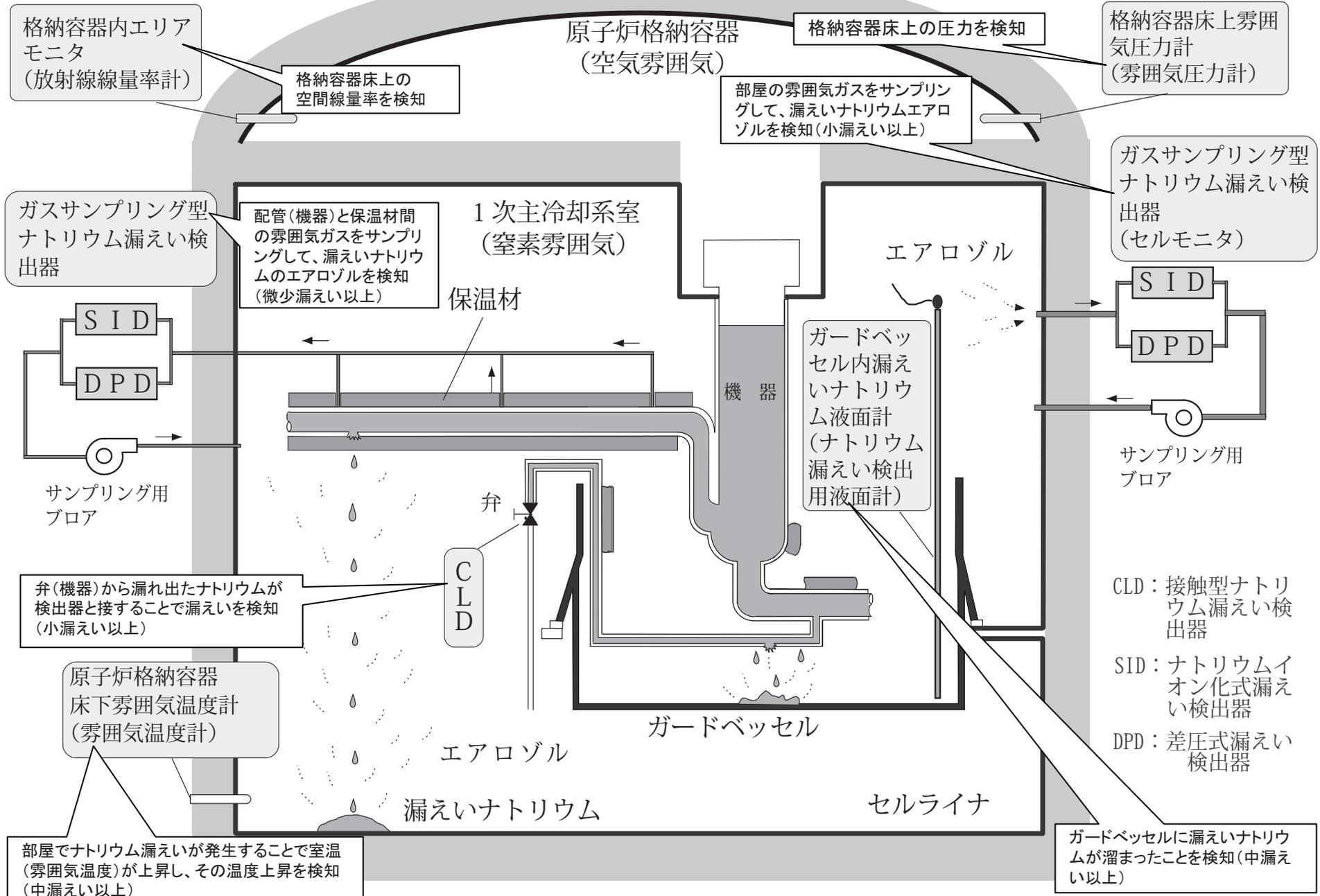


図2 1次主冷却系設備におけるナトリウム漏えい検出設備概略図

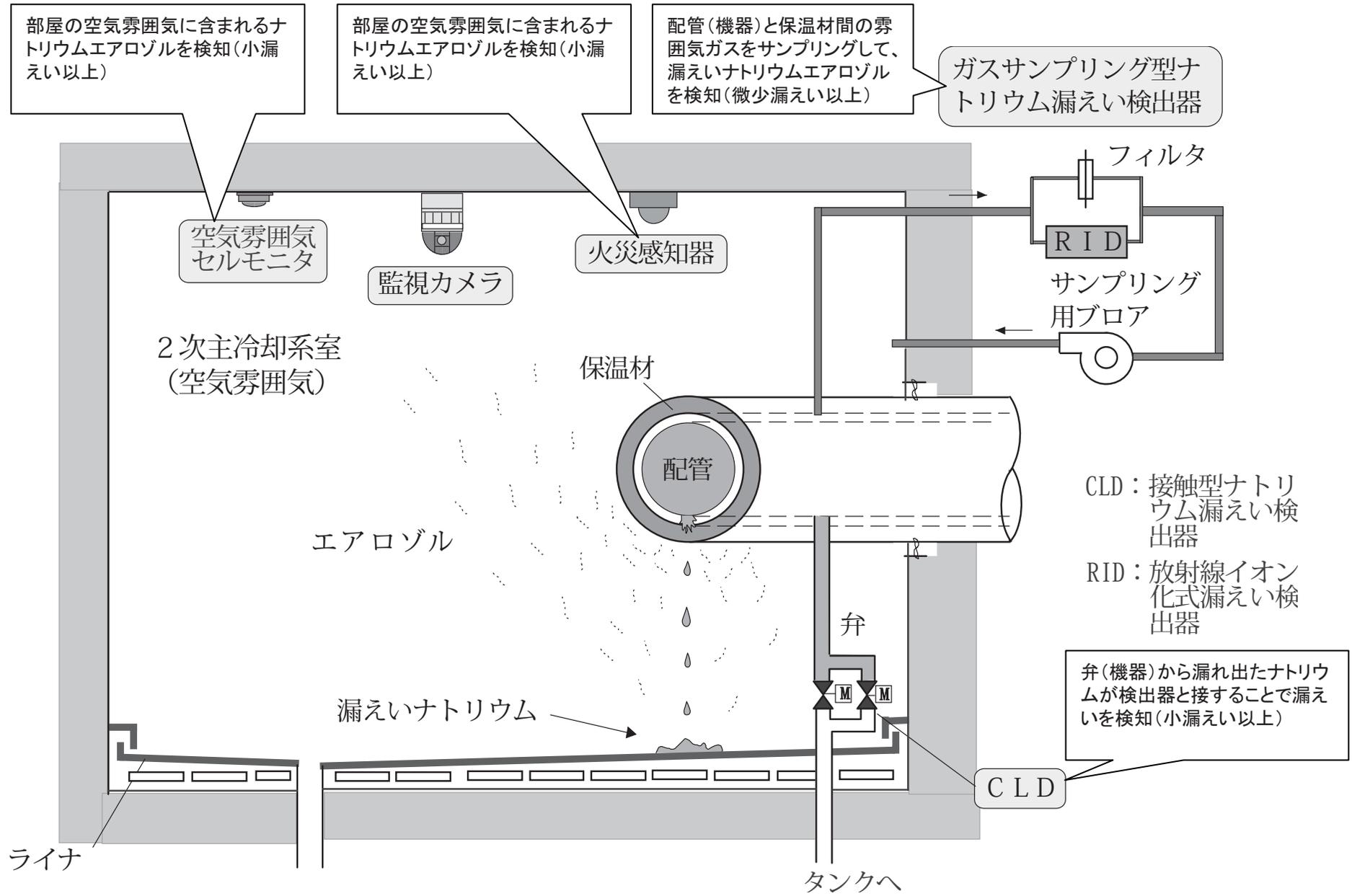


図3 2次主冷却系設備におけるナトリウム漏えい検出設備概略図

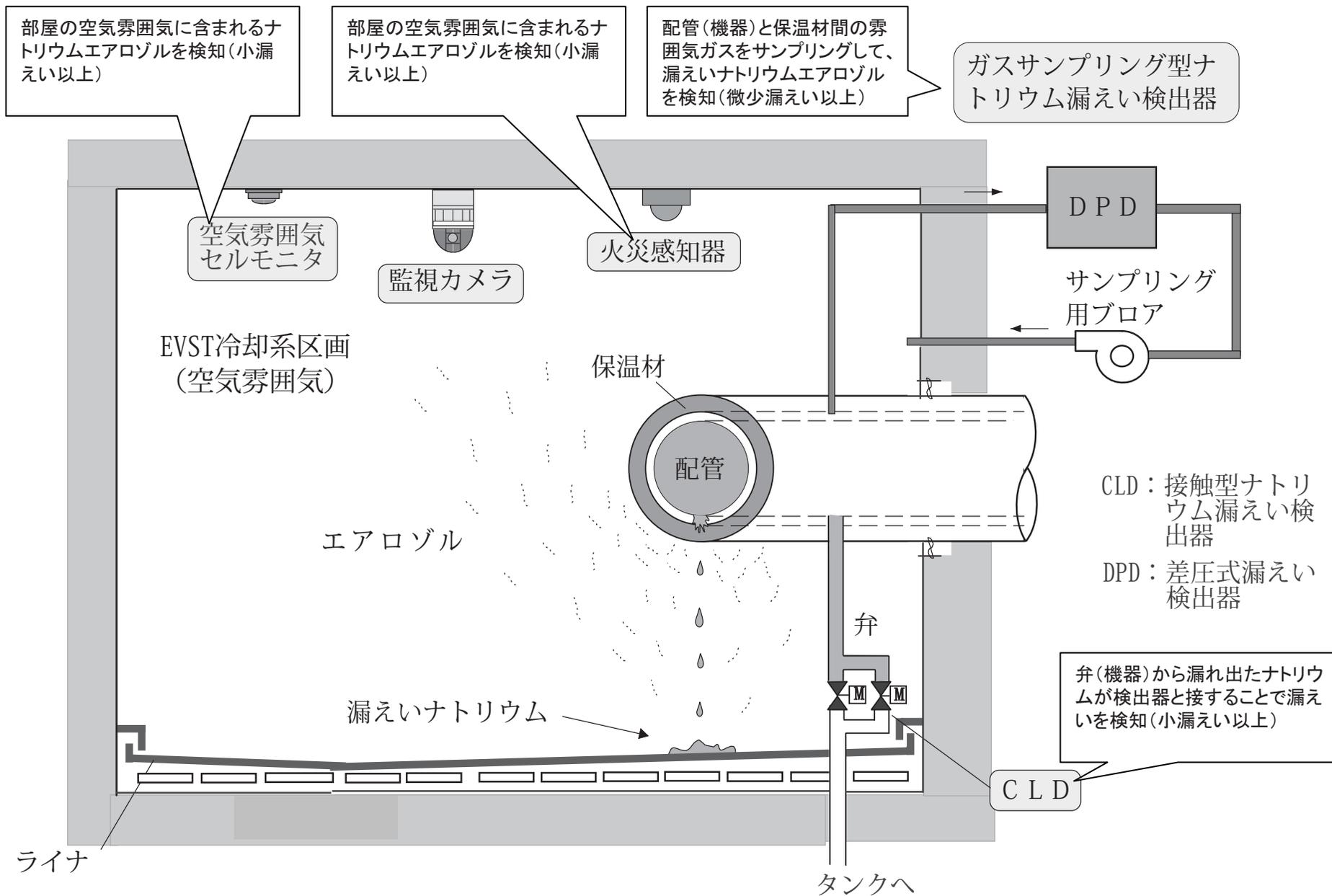


図4 EVST系設備におけるナトリウム漏えい検出設備概略図