

JAERI-Tech

98-019



事故時格納容器挙動試験(ALPHA)

—装置設計報告書—

1998年6月

山野憲洋・丸山 結・工藤 保・森山清史
伊藤秀雄・小森慶一・園部久夫・杉本 純

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問い合わせは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越してください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 〒319-1195, Japan.

©Japan Atomic Energy Research Institute, 1998

編集兼発行 日本原子力研究所
印 刷 日立高速印刷株式会社

事故時格納容器挙動試験 (ALPHA)

—装置設計報告書—

日本原子力研究所東海研究所安全性試験研究センター原子炉安全工学部

山野 憲洋*・丸山 結・工藤 保・森山 清史

伊藤 秀雄・小森 慶一・園部 久夫・杉本 純

(1998年5月18日受理)

本報告書は、軽水炉のシビアアクシデント時において、格納容器に加わる負荷、格納容器からのリークおよび格納容器内でのFPエアロゾル挙動を定量的に評価することを目的とした事故時格納容器挙動試験 (ALPHA: Assessment of Loads and Performance of Containment in Hypothetical Accident) 計画の実験装置の設計について述べたものである。

本試験計画では、シビアアクシデント時に格納容器内における主な事象のうち、溶融炉心冷却材相互作用、溶融炉心コンクリート相互作用、FPエアロゾル挙動及び格納容器貫通部からのリーク挙動を対象としている。試験装置の設計に当たっては、上記の諸現象を忠実に模擬できること、高温・高圧を含め、従来の研究で不十分だった範囲をカバーできること、アクシデントマネジメントの観点からも独自の試験が行なえること等に配慮した。本報告書では、各試験における試験目的、試験方法等に基づいて決定された試験装置の仕様、テスト部の諸元、計測方法等について詳述する。

東海研究所：〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4

* 山野憲洋副主任研究員は1997年10月3日に急逝された。本報告書を同氏の霊に捧げるものである。

Assessment of Loads and Performance of a Containment in a Hypothetical Accident
(ALPHA)
- Facility Design Report -

Norihiro YAMANO* , Yu MARUYAMA, Tamotsu KUDO, Kiyofumi MORIYAMA,
Hideo ITO, Keiichi KOMORI, Hisao SONOBE and Jun SUGIMOTO

Department of Reactor Safety Research
Nuclear Safety Research Center
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received May 18, 1998)

In the ALPHA (Assessment of Loads and Performance of Containment in Hypothetical Accident) program, several tests have been performed to quantitatively evaluate loads to and performance of a containment vessel during a severe accident of a light water reactor. The ALPHA program focuses on investigating leak behavior through the containment vessel, fuel-coolant interaction, molten core-concrete interaction and FP aerosol behavior, which are generally recognized as significant phenomena considered to occur in the containment. In designing the experimental facility, it was considered to simulate appropriately the phenomena mentioned above, and to cover experimental conditions not covered by previous works involving high pressure and temperature. Experiments from the viewpoint of accident management were also included in the scope. The present report describes design specifications, dimensions, instrumentation of the ALPHA facility based on the specific test objectives and procedures.

Keywords: Severe Accident, Containment, FCI, Melt Coolability, FP Aerosol,
Penetration Leakage, ALPHA

* Norihiro Yamano, senior engineer, passed away on October 3, 1997. This report is dedicated to his soul.

目 次

1. はじめに	1
1.1 研究の背景	1
1.2 研究目的	2
2. 試験項目	5
2.1 リーク定量化試験	5
2.2 溶融炉心冷却材相互作用試験	5
2.3 溶融炉心コンクリート相互作用試験	6
2.4 エアロゾル挙動試験	6
3. 試験装置の概要	8
3.1 設計の基本方針	8
3.2 主要共通機器	8
3.3 リーク定量化試験装置及び試験体	20
3.4 溶融炉心冷却材相互作用試験装置	24
3.5 溶融炉心コンクリート相互作用試験装置	26
3.6 エアロゾル挙動試験装置	29
4. おわりに	32
謝 辞	32
参考文献	33
付 録	95

Contents

1. Introduction	1
1.1 Background	1
1.2 Objectives	2
2. Test Items	5
2.1 Leak Characterization	5
2.2 Fuel-Coolant Interaction	5
2.3 Molten Core-Concrete Interaction	6
2.4 Aerosol Behavior	6
3. Test Facility	8
3.1 Basic Design Strategy	8
3.2 Main Components	8
3.3 Leak Characterization Test	20
3.4 Fuel-Coolant Interaction Test	24
3.5 Molten-Core-Concrete Interaction Test	26
3.6 Aerosol Re-entrainment Test	29
4. Summary	32
Acknowledgement	32
References	33
Appendix	95

1. はじめに

1. 1 研究の背景

軽水炉のシビアアクシデント^{注1)}に関する研究は、1979年3月に発生した米国のTMI-2事故以後、米国を中心として精力的に実施されてきた。近年では、ヨーロッパ諸国や韓国等でも積極的に進められており、シビアアクシデントの発生防止と影響緩和の方策について様々な検討が進められている。

我が国においては、昭和60年に策定された「原子力施設等安全研究年次計画（昭和61～平成2年度）」¹⁾において、シビアアクシデントに関する研究が初めて取り上げられた。1986年に発生したチェルノブイル事故に関する国の事故調査報告書²⁾では、シビアアクシデントに関する研究の充実が「心に銘ずべき7項目」の一つとして挙げられている。これらを受けて、平成3～7年度の原子力施設等安全研究年次計画³⁾（以下、年次計画と略す）においては、原子炉のリスクを定量化し安全裕度を明らかにする観点から、シビアアクシデントに関する研究を4つの重点研究分野の1つとして選び、国が積極的に取り組むことにした。現行年次計画（平成8～12年度）⁴⁾においても、シビアアクシデントに関する研究は6つの重点研究分野の1つとして、引き続き精力的に実施することを要請している。

近年、シビアアクシデント研究とともに、アクシデントマネジメント（事故管理対策）研究の重要性も指摘されている。原子力安全委員会は平成4年7月に、電気事業者に対し、効果的なアクシデントマネジメント策を自主的に整備し、万一の場合にこれを的確に実施できるようにすることを強く奨励した。この声明を受け、通商産業省は電気事業者に自主的にアクシデントマネジメントを検討するように要請し、電気事業者より提出されたアクシデントマネジメントの実施方針について技術的に検討、評価した報告書を安全委員会に提出した。原子力安全委員会は通商産業省の提出した報告書について検討した。通商産業省の報告書も原子力安全委員会の検討結果の報告書⁵⁾においても、内外の研究をレビューすることにより、電気事業者のアクシデントマネジメント方針については妥当なものとして評価しているが、原子力関係者に対しなお一層のシビアアクシデントに関する知見と解析評価手法の整備を求めている。

原研では、安全研究年次計画の方針に従い、シビアアクシデントに関する研究を実施してきた。昭和58年より米国原子力規制委員会が行なっている「苛酷燃料損傷・核分裂生成物ソースターム計画（通称SFD計画）」に参加し、大規模燃料損傷実験データを中心に情報を入手するとともに、詳細解析コード等も入手して整備と評価を行ってきた。さらに、これらのデータを補完するために、燃料損傷挙動等に関する実験を実施してきた。シビアアクシデント研究は、初期には世界的に、燃料の溶融進展等の圧力容器内の現象に重点が置かれて実施された。しかし、チェルノブイル原子

注1) シビアアクシデント(Severe Accident)とは、設計基準事故を大幅に上回り、炉心にかなりの損傷を生じる事故を総称して言う。原子力安全委員会では、OECD/NEA（経済協力開発機構／原子力機関）の定義を参考に、「シビアアクシデントとは、設計基準事象を大幅に超える事象であって、安全設計の評価上想定された手段では適切な炉心の冷却又は反応度の制御ができない状態であり、その結果、炉心の重大な損傷に至る事象をいう。シビアアクシデントの重大さは、この損傷の程度や格納施設の健全性の喪失の程度による。」としている。

炉事故は格納容器の重要性を人々に再認識させ、それ以後、我が国を含む世界各国において格納容器内での現象についても研究が精力的に実施されることになった。⁶⁻⁸⁾

軽水炉の格納容器は、原子炉の運転に伴い炉心に蓄積される放射性物質（F P : Fission Products）が異常時にも環境へ放出されないための重要な障壁である。現在の安全審査では、格納容器に対して、一次冷却材喪失事故等の設計基準事故時において、内部圧力、温度、可燃性ガス（水素）の発生等に対して、十分な健全性が確保されることを要求している。しかしながら、シビアアクシデント時のように、炉心に重大な損傷を伴う場合、設計基準事故を超える圧力と温度が格納容器に負荷として作用し、格納容器の健全性を脅かす可能性のあることが研究の結果明らかになってきた。従って、シビアアクシデント時に、格納容器の健全性に影響する現象を明らかにし、これに対する格納容器の応答を調べることは極めて重要である。このことから、シビアアクシデント時の格納容器の健全性を評価することを主目的に、原研は事故時格納容器挙動試験（ALPHA）計画を開始した。

ALPHA 計画は、昭和63年3月に見直された安全研究年次計画の「炉心損傷時格納容器等健全性評価に関する研究」の中で初めて取り上げられ、平成3年度～平成7年度の年次計画においては、「シビアアクシデント時の格納容器等の健全性に関する研究」の1項目に挙げられた。現行年次計画（平成8年度～12年度）では、その研究内容が「シビアアクシデントの影響評価に関する研究」と「シビアアクシデントの影響緩和に関する研究」に記述されている。

1. 2 研究目的

図1. 1に、シビアアクシデント時に格納容器内で発生すると考えられる現象を模式的に示す。シビアアクシデント時に格納容器に加わる負荷の要因としては、熔融炉心冷却材相互作用、熔融炉心コンクリート相互作用等が考えられる。熔融炉心が冷却材と接触すると相互作用を起こすが、特に激しいものは水蒸気爆発と呼ばれている。水蒸気爆発は他の産業分野において多くの事故を引き起こしており、シビアアクシデント時にもその発生が懸念されている。熔融炉心が原子炉キャビティやペダスタル部に落ちた場合には、キャビティ等のコンクリート床を分解侵食し、コンクリートの分解により非凝縮性や可燃性のガスを発生すると考えられる。コンクリートの侵食は格納バウンダリへの脅威であり、非凝縮性ガスの蓄積による格納容器内部圧力上昇や可燃性ガスの燃焼（爆轟）は格納容器の健全性への脅威となる。原子炉一次系が高圧である状態で熔融炉心により圧力容器底部が熔融貫通すると、熔融炉心はキャビティを通して格納容器ドーム部に運ばれ、雰囲気を加熱し、格納容器内部の急激な圧力上昇を引き起こす。この格納容器直接加熱も格納容器の健全性を脅かす現象の1つと考えられている。また、格納容器雰囲気からの除熱を適切に実施できないと、発生する水蒸気により内圧が上昇し、格納容器が破損することも考えられる。

格納容器内が設計基準条件を超えた高温、高圧条件になると、格納容器の健全性が脅かされる。格納容器本体が負荷に耐えたとしても、格納容器壁を多くの配管や動力線・信号線が貫通しており、エアロックや機器搬入口などもあるので、これらの格納容器貫通部よりの漏洩（リーク）の可能性も考えられる。

格納容器に放出されたF Pの挙動を的確に把握することも重要である。沈着したF Pで発生する崩壊熱が格納容器構造物に負荷を与えるとともに、格納容器が破損すると、これらのF Pが環境へ

放出されるので、ソースターム^{注2)} やリスクの評価のためには、格納容器内に放出されたF Pの挙動を精度よく予測できる必要がある。シビアアクシデント時には、希ガス等のガス状F Pとともに、多くのF Pがエアロゾルとして格納容器内に放出されると考えられている。特に、溶融炉心コンクリート相互作用により放射性物質を含む多量のエアロゾルが発生すると考えられる。

シビアアクシデントは格納容器の設計において考慮すべき対象とはされていないが、シビアアクシデント時にも、既存の設備等を利用して、溶融炉心を冷却するとともに格納容器の健全性を維持し、環境への影響を最小限に止めることは頗る重要である。これらアクシデントマネジメントの方策についても、上述した現象の研究結果に基づいて検討し、有効性を評価する必要がある。

以上から、本ALPHA計画では次に挙げる事項を研究の目的としている。

- (1) シビアアクシデント時に格納容器の健全性に脅威となり得る現象について、その機構を明らかにし、発生する熱や圧力負荷を評価する。
- (2) それらの負荷に対する格納容器の応答、特に格納容器貫通部からの放射性物質の漏洩量と漏洩機構を明らかにする。
- (3) 格納容器に放出されたF Pの挙動を明らかにする。
- (4) アクシデントマネジメント対策の有効性を定量的に検討し、その具体化や改善に資する。

このうち、(1)の格納容器の健全性に脅威となり得る現象としては、溶融炉心冷却材相互作用と溶融炉心コンクリート相互作用を選んだ。本計画の開始時において、格納容器直接加熱については原研も参加しているCSRAP計画⁹⁾において精力的な研究が実施されていたこと、格納容器内の可燃性ガスの分布や燃焼については原子力発電技術機構で大規模実験を計画していたことから、両者は本計画の対象にはしなかった。(2)の格納容器貫通部としては、複雑な構造を持ち挙動の予測が困難なことから、まず、電線貫通部を対象とすることにした。したがって、以下の4項目の試験を実施することにした。

- (1) リーク定量化試験
- (2) 溶融炉心冷却材相互作用試験
- (3) 溶融炉心コンクリート相互作用試験
- (4) エアロゾル挙動試験

本試験装置の設計を進めるに当たっては、各項目について現象の把握ができるように主要な事象を必要十分な程度に模擬できること、従来の研究では十分な知見が得られていない範囲での試験が可能であること、アクシデントマネジメントの観点から独自の試験が実施可能であることに特に考慮を払った。

注2) ソースターム (Source Term) とは、炉心から一次系、格納容器を経て環境へ放出される放射性物質 (F P) の量のことを化学形を含めて総称して言う。OECD/NEA (経済協力開発機構/原子力機関) の定義では、「ソースタームとは、原子力施設の事故における放射性物質の放出の定量的な記述を言う。この記述には、放出核種の物理化学的性質とともに、放出に関するその他のデータ、例えばブルーム (放射性雲) のエネルギー、放出高さ、放出継続時間等が含まれる。」としている。

本報告書は、ALPHA 試験装置の設計の詳細について述べるものである。試験装置も試験の進展計測に伴い、試験体の付加設置や改良が継続されている。本報告書は平成7年3月末における装置の状態を記述している。

2. 試験項目

ALPHA 計画では、前述したように、リーク定量化試験、熔融炉心冷却材相互作用試験、熔融炉心コンクリート相互作用試験、エアロゾル挙動試験の4つの試験を行う。以下に、各実験について概要を簡略に記す。

2. 1 リーク定量化試験

シビアアクシデント時の負荷に対する格納容器の健全性を評価するにあたって、負荷に対して弱い可能性がある部分（例えば電線貫通部）におけるリーク発生の有無を推定することが不可欠であり、リークが発生した場合の経路及び形状を知ることはソースタームの評価の上からも重要である。ALPHA ではリーク発生条件の同定、発生機構の解明、リーク経路とその形状の同定及びリーク経路におけるF Pエアロゾルの除去の評価を目的として、格納容器貫通部を主対象としたリーク定量化試験を実施している。¹⁵⁾

実炉に用いられている電線貫通部には色々な形式があり、すべての形式の電線貫通部について試験を実施することは実際的ではないので、電線貫通部でリーク発生の観点から重要と考えられる2つの部分、即ち、電線を樹脂により固めた部分、及び、アルミナ磁器を端板に銀ろう付けした部分、を取り出して2種類の部分的試験体を製作した。これを小型リーク試験容器内で高温、高圧条件下に置いて熱的あるいは機械的挙動を観測し、リーク開始条件及びリーク流量の評価、およびこれらのモデル化に資する。一方、大型リーク試験容器内で実機相当の電線貫通部試験体をシビアアクシデント条件下に置いてその挙動を観測し、モデル検証、改良に役立てる。図2. 1にリーク定量化試験の概念を示す。

2. 2 熔融炉心冷却材相互作用試験

高温の熔融炉心が冷却材と接触した場合には、急激な冷却材の蒸発に伴う衝撃波の発生により、周囲の構造物に損傷を与える恐れがある。このような現象は水蒸気爆発と呼ばれる。シビアアクシデント時に熔融炉心が压力容器内にたまった冷却材中に落下する場合、压力容器を熔融貫通して格納容器床にたまった冷却水中に落下する場合、あるいは压力容器内や格納容器床に落下した熔融炉心に冷却の目的で冷却材を注ぐ場合に、水蒸気爆発を含む熔融炉心冷却材相互作用（FCI: Fuel-Coolant Interaction）が生じる。

1975年に報告された米国原子力規制委員会の「原子炉安全性研究」では、压力容器内で水蒸気爆発が起きた場合、压力容器が破壊され、それがひいては格納容器まで破損する確率は 10^{-1} 程度と見積もられていた¹⁰⁾。近年の研究でその可能性はそれ程大きくはないとされつつあるが¹¹⁻¹³⁾、水蒸気爆発は、これ以外の条件、すなわち熔融炉心が压力容器底部を熔融貫通した場合に原子炉キャビティ内でも起こり得ること、アクシデントマネジメントの一つの方法として考慮されている熔融炉心に冷却材を注入した場合にもやはり起こる恐れがあること等から、これらの視点で研究を実施する必要がある。また、アクシデントマネジメントの観点からは、果たして冷却材を注入すれば熔融炉心は効果的に冷却されるのかどうかという問題でもある¹³⁾。従って、以下の目的のため

に溶融炉心冷却材相互作用試験を実施している。^{16, 17)}

- (1) 溶融炉心の冷却性の定量的評価、
- (2) 水蒸気爆発の発生条件と機構の解明、
- (3) 水蒸気爆発発生時の格納容器への負荷の評価、
- (4) アクシデントマネージメント手法の考案とその有効性の評価

具体的には、テルミット反応または金属の高周波誘導加熱により溶融炉心を模擬する溶融物を生成し、溶融物を冷却材中へ落下させる、または、溶融物に冷却材をかける、の2つの接触モードで実験を行う。図2. 2 (a,b) に ALPHA における FCI 試験の概念を示す。

2. 3 溶融炉心コンクリート相互作用試験

シビアアクシデント時に圧力容器下部ヘッドが破損した場合、溶融した炉心がコンクリートで形成されている格納容器原子炉キャビティ(あるいはペDESTAL)に流出し、溶融炉心コンクリート相互作用 (MCCI: Molten Core Concrete Interaction) が発生する。溶融炉心によるコンクリートの浸食に伴い、水素、一酸化炭素、二酸化炭素等の非凝縮性ガスが生成される。これらのガスの蓄積による格納容器の内圧上昇、場合によっては可燃性ガス(水素、一酸化炭素等)の燃焼が生じ、格納容器の健全性が脅かされる。また、溶融炉心内に存在する FP 及び構造材は、蒸発あるいはコンクリート分解により発生する気体が溶融炉心を離脱する際の物理的機構により、エアロゾルの形態で格納容器気相中に放出される。MCCI により発生するエアロゾルはシビアアクシデントのソースタームに大きな影響を及ぼす。

ALPHA では、コンクリート製の相互作用するつぼの中で高周波誘導加熱によりステンレス鋼等の金属を溶融し、コンクリートとの相互作用を実現する。図2. 3に ALPHA における MCCI 試験の概念を示す。試験は MCCI 試験容器内で実施し、コンクリートの浸食状況、溶融炉心模擬物の温度履歴を計測するとともに、MCCI によって発生するガス及びエアロゾルをオンラインガス計測設備、ガス・エアロゾル採取設備及び排気設備に導入し、コンクリート分解気体の発生量及び組成、エアロゾルの特性(発生量、粒径分布、組成等)を調べる。¹⁸⁾

2. 4 エアロゾル挙動試験

ALPHA では、格納容器の過圧破損等を想定し、水プールの減圧沸騰により再浮遊するエアロゾルの特性を定量的に把握するための実験を行う。また、溶融物コンクリート相互作用により発生したエアロゾルの挙動を調べる実験も実施する。

軽水炉のシビアアクシデント時には、原子炉圧力容器中で損傷した炉心から放出された多くの核分裂生成物(FP)は、格納容器中へと移動する。FPはまた、溶融炉心とコンクリートベースマツトとの相互作用によっても格納容器中に放出される。そのような時、PWRのサンプル水やBWRのサプレッションプールのような格納容器中の水プールには、FPが溶解し、放射性物質が蓄積していると考えられる。シビアアクシデントの過程において、格納容器の内部圧力は、温度上昇や蒸

気及び非凝縮性ガスによって急激に上昇する。さらに、格納容器直接加熱、可燃性ガスの燃焼及び水蒸気爆発等の事象が格納容器の急激な加圧を起こし得る。もし、格納容器が過圧等により破損するならば、格納容器の内部は急激に減圧される。格納容器内の水プールは水蒸気凝縮やFPの崩壊熱によって飽和温度の近くまで加熱されている。それ故、水プールは過熱され、減圧の間に沸騰が始まる。もし、格納容器破損が著しければ、減圧速度は速くなり、水プール沸騰も激しくなる。減圧沸騰によって溶解している物質はフラッシングプールから飛散し、エアロゾル粒子となる。これらエアロゾル粒子は、漏洩したガスとともに環境中へ放出されるため、事故時のソースターム評価上、飛散した物質を定量化することは非常に重要である。図2.4にエアロゾル挙動試験の概要図を示す。模擬格納容器内を高温高圧の状態にし、バルブを開放してオリフィスを通して減圧させる。水プールは減圧沸騰の状態となり、フラッシングにより液滴の再浮遊が生じる。¹⁹⁾

3. 試験装置の概要

3. 1 設計の基本方針

本 ALPHA 試験装置の設計に当たっては、試験目的の達成を第一とし、原研で行なう試験の独自性、一般性、与えられた制約条件等も考慮して、以下の基本方針によることとした。

- (1) 模擬格納容器は、本試験において最も重要な役割を果たす機器であることから可能な限り大きいことが望ましいが、種々の制約を考慮し、許容される最大容積（約 50 m^3 、内径約 4 m ）とした。
- (2) 軽水炉の格納容器の設計圧力は概ね数気圧であるが、シビアアクシデント時の高圧条件を模擬するため、模擬格納容器の設計圧力を約 2 MPa とした。
- (3) 模擬格納容器の設計温度については、十分高温のデータをカバーするため、 2 MPa の飽和温度よりやや高い約 250°C とした。
- (4) リーク定量化試験のための専用の試験容器を製作して精密な計測を施すとともに、リーク試験に関する高温のデータが従来ほとんど無いことに鑑み、リーク試験容器の設計温度を約 550°C とした。
- (5) 溶融炉心の模擬材としては、簡便性及び高温性からテルミット材を、また、温度と成分を制御できることからステンレス等を高周波加熱したものを目的に合わせて適宜用いることとした。テルミット材の使用量は、従来の水蒸気爆発実験では最大でも数 10 kg 程度だったので、最大 100 kg とした。なお、許認可上の制約もありウランは用いない。
- (6) 溶融炉心冷却材及び溶融炉心コンクリート相互作用試験において、事故管理の観点から各種の注水方法が可能なように考慮して、注水系統、注水ノズル等を設置した。
- (7) 溶融炉心冷却材相互作用試験で、水蒸気爆発の様子を観察し、爆発の機械的エネルギーを評価するため、模擬格納容器に観測窓を設けることとした。
- (8) 計測機器及びデータ収録機器については、原則として、最新の技術レベルを用い、かつ、計算コードによる解析をも考慮し、計測位置、計測点数等必要十分であるように配慮した。
- (9) 制御系は、実験上必要な精度で制御が可能で、かつ、異なる実験モードへの対応が容易であるとともに、長時間の運転にも対応できるように配慮した。

3. 2 主要共通機器

図3. 1に ALPHA 試験装置の全体構成を示す。装置は、模擬格納容器、大小2つのリーク試験容器、溶融炉心コンクリート相互作用試験容器等の試験容器と、実験条件を設定するため試験容器に水蒸気や窒素ガスを供給するのに用いられる蒸気発生器、過熱器、窒素ガス供給設備等の注入設備、計測および装置の運転操作のための計測・制御設備、及び装置の運転・保守等に必要補助設備等から構成されている。以下に模擬格納容器、ガス・エアロゾル放出系、溶融炉心コンクリート相互作用試験容器、注入設備、補助設備及び計測・制御設備についての概要を記す。個々の実験項目において用いる設備については、3. 3節以降において述べる。

3. 2. 1 模擬格納容器

本容器は実炉の格納容器を模擬するもので、内部に相互作用容器を設置して溶融物冷却材相互作用試験を行う他、シビアアクシデント時の熱水力条件を再現してエアロゾル挙動試験を実施する。

図 3. 2 に模擬格納容器の断面図を示す。模擬格納容器は格納容器試験棟のピット内コンクリート床面にアンカーボルトで固定されている。その設計にあたっては、実験中に加わる温度、圧力の負荷とともに、水蒸気爆発が起きた時の衝撃力あるいはミサイルの発生を考慮し、母材の他、内部にステンレスの内張りを施した。実験で用いる相互作用容器等を搬入できるように内径 1.5 m の機器搬入口を備えている。模擬格納容器周囲は厚さ約 12.5 cm のロックウール保温材で覆われている。

模擬格納容器内でシビアアクシデント時の格納容器内の高温高圧条件を実現するため、水蒸気及び窒素ガスの供給口を設置している。内部の温度、圧力は、水蒸気、窒素ガス供給ラインの弁及び格納容器に設置された放出弁の操作を通して、自動または手動により設定値の実現または保持を行う。容器内に大流量・小流量 2 系統のスプレイヘッドを設け実炉の格納容器スプレイを模擬するとともに、相互作用容器等へ冷却材を直接スプレイまたは配管等による注入（以後、バルク注水と称する）する場合には、配管等の必要な機器をいずれかのスプレイヘッドより分岐して取り付けられるようにした。また、これとは別に実験終了後に容器内を洗浄できるように洗浄用スプレイヘッドを設けた。水蒸気の凝縮やスプレイ等により格納容器内に溜まった水は高圧下においても排出できるようにした。

図 3. 3 に内部フロア構造を示す。格納容器内部にはグレーチングによる作業用のフロアが設けられている。中央部には溶融物冷却材相互作用容器等を設置する円形のテーブルがあり、これはフロアとは独立して砂箱による衝撃吸収機構の上に設置されている。水蒸気爆発等の衝撃による格納容器への損傷を防ぐためである。テーブルは直系 1400mm、厚さ 60mm の炭素鋼板で、392 本の脚を持ち、これらが深さ約 300mm の砂層に差し込まれている。

格納容器には各系統と接続したり、観測・測定等に必要なノズルを設けた。その個数は将来の使用も考慮して、可能な限り多くとることとし、大（内径約 30 cm）17、小（内径約 10 cm）14 の観測・測定用ノズルを含む多数のノズルを設けた。図 3. 4 に容器上方から見たノズルの配置を、図 3. 5 にノズル配置の展開図を示す。また、表 3. 1 にノズルの一覧を示す。このうち、大ノズルは主に光学的測定装置及びそれに必要な照明に使用することを想定している。

容器頂上部の C-1 ノズルの上には、溶融炉心冷却材相互作用試験に用いる金属溶融投下容器を設置する。実験中に格納容器内で水蒸気爆発が生じた場合に金属溶融投下装置を保護するため、格納容器と金属溶融投下容器の間に図 3. 6 に示す急速閉止弁を設ける。なお、両容器の間は均圧管で接続し急速閉止弁が閉の場合にも同圧に維持する。

エアロゾル挙動試験においては機器搬入口部分の空間が格納容器内部の気体の流れに影響を与える恐れがある。従って、図 3. 7 に示すような機器搬入口と格納容器内部を仕切る内部扉を製作し、この影響を小さくするようにした。

なお、本容器内で作業する場合に酸欠事故を防止するため給排気できるようにした。

容器内の蒸気を用いた温度・圧力制御は蒸気供給弁と圧力逃し弁の操作により行う。窒素ガスを

用いる場合は、主としてタンクローリーから供給し、圧力の調整等をポンベからの供給により行う。現在のところ窒素ガスのみを満たした状態で容器内を昇温することはできないが、将来的にはヒータ等の使用により可能にすることも考慮している。模擬格納容器に関する主な仕様を以下にまとめる。

主要寸法

内径	3.9 m
高さ	5.7 m
内容積	51.9 m ³
主要材質	SB49+SUS304クラッド
設計圧力	1.96 MPa (20 kg/cm ²)
常用圧力	1.67 MPa (17 kg/cm ²) 以下
設計温度	250℃
常用温度	230℃

スプレイ流量

2Bヘッダ	278~2780 cm ³ /s (1~10 m ³ /h) *
1/2Bヘッダ	55.5~555 cm ³ /s (0.2~2 m ³ /h) *
洗浄用スプレイ流量	278 cm ³ /s (1 m ³ /h)
凝縮水排水量	最大0.139 kg/s (500 kg/h) *
急速閉止弁開閉時間	0.2 s (開→閉) #

* これらは1.47 MPa (15 kgf/cm²) における値である。

弁開状態保持用爪の解除のために電磁弁電源をonにしてから閉リミットスイッチonまでに要する時間

3. 2. 2 ガス・エアロゾル放出系

格納容器上部にあるN-6ノズルに接続され、格納容器が過圧破損した場合のリーク経路を模擬する。その概要は図3.1に示した通りである。破断口を模擬したオリフィスによりリーク量を設定する。オリフィス通過後の減圧されたガスをフィルタに導きエアロゾル粒子を除去した後、ガス流量を測定する。その後、凝縮水タンクの水中に吹出させ水蒸気分を凝縮させた後大気に放出する。なお、オリフィス下流の配管部分でガス・エアロゾルの採取をしている。水蒸気が凝縮することを防ぐため配管はヒータにより120℃以上に保っている。広範囲な流量を測定可能なように2系統の流量測定系を設け、流量により切換えて使用する。ガス・エアロゾル放出系の主な仕様は以下のとおりである。なお、系の詳細な構成については付録の系統図(3/6)を参照されたい。

最高使用温度

オリフィス～フィルタ	170℃
凝縮水タンク	100℃

最高使用圧力

オリフィス～フィルタ 0.49 MPa (0.5 kg/cm²g)

凝縮水タンク 0.1 MPa

オリフィス開口径 3 mm、6 mm、12 mm

流量計測定範囲

小流量計 0.01～0.09 m³/s大流量計 0.09～1.0 m³/s

フィルタ

処理ガス量 1.0 m³/s / 3基

粒子捕集量 1 kg / 3基

捕集効率 99.5%以上 (0.1 μm以上の粒子)

3. 2. 3 注入設備

(1) 蒸気系

模擬格納容器及びリーク試験容器内の条件設定に必要な蒸気を供給する系であり、蒸気発生器、過熱器及び蒸気発生器に純水を供給する給水装置よりなる。

(i) 蒸気発生器

給水ポンプにより昇圧した純水を受け入れヒータで加熱し、設定した圧力の蒸気を発生させる。給水調節弁により所定の水位に制御し、圧力はヒータの出力と蒸気逃し弁により制御する。ヒータは3分割し(110 kW x 3)、2基をon-off、1基をサイリスタにより出力制御を行ない、0～330 kWを連続して制御できる。蒸気発生基上部にはミストを除去できるようデミスタを設けている。発生する蒸気流量は出口調節弁で蒸気流量または模擬格納容器内圧力により制御する。蒸気発生器の概要を図3.8に示す。主な仕様は以下のとおりである。

形式・規格 縦置円筒容器・ボイラー構造規格

主要寸法

高さ 3.8 m

内径 1.4 m

内容積 3.29 m³

主要材質 SB42+SUS304クラッド

設計圧力 1.96 MPa (20 kg/cm²)常用圧力 1.67 MPa (17 kg/cm²)以下

設計温度 214℃

常用温度 206℃

最大蒸気発生量 0.11 kg/s (400 kg/h)
 ヒータ出力 110 kW x 3

(ii) 過熱器

蒸気発生器で発生した蒸気を加熱し、模擬格納容器へ所定の過熱度を持った蒸気を供給する。過熱度は214℃を越えない範囲で100℃である。過熱器の概要を図3.9に示す。主な仕様は以下の通りである。

形式	横置円筒容器
適用法規	第2種圧力容器
主要寸法	
長さ	280 cm
内径	20 cm
内容積	0.5 m ³
主要材質	SUS304 TP-A
設計圧力	1.96 MPa (20 kg/cm ²)
常用圧力	1.67 MPa (17 kg/cm ²)
設計温度	250℃
常用温度	230℃
最大流量	約0.11 kg/s (400 kg/h)
最小流量	約0.014 kg/s (50 kg/h)
最大過熱度	100℃(但し214℃以下)
ヒータ出力	30 kW

(iii) 給水装置

純水タンク内に蓄えられている純水を給水ポンプにより昇圧後、蒸気発生器に供給する。給水ポンプのバックアップとしては後述する注水ポンプ(場合によっては注水タンクも)を使用する。純水タンク及び給水ポンプの仕様は以下の通りである。

純水タンク

主要寸法

内径	2 m
高さ	3.2 m
内容積	10 m ³

給水ポンプ

設計圧力	2.94 MPa (30 kgf/cm ²)
温度	60℃
最小流量	0.8 m ³ /h

常用流量	1. $2 \text{ m}^3/\text{h}$
全揚程	27.2 m(常用流量点における予想値)
NPSHR	3.4 m(常用流量点における予想値)

(2) 窒素ガス供給系

模擬格納容器内に試験条件を設定したり、リーク試験容器のキャリアガスとして、またはリーク試験体の気密試験用に窒素ガスを供給する系である。模擬格納容器内での条件設定にはタンクローリーにより搬入した液体窒素を蒸発させ発生した窒素ガスを用いて大まかな設定を行い、ポンペからの供給ガスにより微調整を行う。供給ヘッドは1.96～2.45 MPa ($20 \sim 25 \text{ kg}/\text{cm}^2 \text{g}$)で運転し、入口調節弁により流量を自動または遠隔手動で制御する。リーク試験容器や溶融炉心コンクリート相互作用試験容器への供給にはポンペを用いる。本システムの主な仕様は以下の通りである。

模擬格納容器への供給

流量 (1.47 MPa = $15 \text{ kg}/\text{cm}^2 \text{g}$ において)	
	0.028～0.17 m^3/s ($100 \sim 600 \text{ m}^3/\text{h}$)
調節弁 入口圧力	1.96～2.45 MPa ($20 \sim 25 \text{ kg}/\text{cm}^2 \text{g}$)

リーク試験容器への供給

流量	555～2780 cm^3/s ($2 \sim 10 \text{ m}^3/\text{h}$)
圧力	0.1 MPa

N₂ポンペ

容量	120 Nm^3 /カードル (カードル: 20本N ₂ ポンペ)
----	---

(3) 注水系

本システムは補助給水ポンペ、注水タンク、注水ポンペ及び流量を調節するための2系統の配管、循環設備よりなる。概要は図3.1に示したとおりであるが、詳細は付録の系統図(1/6)を参照されたい。純水タンクから補助給水ポンペにより注水タンクに移された純水は、注水タンク内で所定の温度まで昇温後、注水ポンペにより昇圧され、所定の流量で模擬格納容器内のスプレイヘッドまで供給される。注水開始時に昇圧された模擬格納容器内に所定の流量で注水できるように、流量調節弁の2次側圧力を模擬格納容器内圧力と等しくできるように循環ラインが設けられている。また、注水量に関係無く注水ポンペの最小流量を満足できるようバイパスラインも設けている。なお、注水ポンペは給水ポンペの予備機としても用いられる。以下に主な仕様を示す。

補助給水ポンペ

型式	渦巻きポンペ
最小流量	0.6 m^3/h

定格流量	10 m ³ /h
NPSHR	1.66 m

注水タンク

容積	8 m ³
ヒータ	50 kW x 1 (昇温用) 10 kW x 1 (昇温、温度保持用)

注水ポンプ

型式	渦巻ポンプ
最小流量	2.5 m ³ /h
容量	13 m ³ /h
揚程	250 m
NPSHR	2.5 m

注水温度 90℃以下(ポンプのNPSH確保のため)

注水量 (1.47 MPa = 15 kg/cm²gにおいて)

大流量ライン: 278~2780 cm³/s (1~10 m³/h)

小流量ライン: 55.5~555 cm³/s (0.2~2 m³/h)

3. 2. 5 補助設備

(1) 純水製造装置

本装置は濾過水を受入れて純水を製造し、純水タンク、給水タンクに供給することを目的としており、前置フィルタ、カートリッジ純水器、後置フィルタ及び配管で構成される。濾過水を前置フィルタで濾過した後、カートリッジ純水器を通しイオン交換樹脂により純水にする。さらに後置フィルタで破碎樹脂その他の不溶性不純物を除去して純水タンクへ移送する。カートリッジ純水器は4基設置し、出口電導度により切り換えて使用し、現場での再生処理は行わない。なお、前置フィルタ出口より一部分岐し洗浄用水として供給する。本装置の仕様を以下に示す。なお、装置の構成の詳細は付録の系統図(4/6)を参照されたい。

前置フィルタ

濾過精度	25 μm
最大流量	1389 cm ³ /s (5 m ³ /h)

カートリッジ純水器

流量	139~278 cm ³ /s (0.5~1.0 m ³ /h)
電導度	1.0 μs/cm以下
採水量	50 m ³ /4基

後置フィルタ

濾過精度	1 μ m
流量	278 cm ³ /s (1.0 m ³ /h)

(2) 圧縮空気製造設備

本系統は圧縮機、アフタクーラ、エアドライヤ、圧縮空気槽及び配管で構成されている。圧縮機で得られた圧縮空気をアフタクーラで冷却しエアドライヤにて乾燥空気にした後圧縮空気槽に貯蔵する。この空気槽より各自動弁へ制御用空気として供給される。圧縮空気製造設備の構成を付録の系統図(5/6)に示す。主な仕様は以下に示すとおりである。

圧縮機

運転方式	自動アンローダ式
空気吐出量	(0.69 MPa = 7.0 kg/cm ² gにおいて) 3.92 Nm ³ /s (235 Nm ³ /min)

エアドライヤ

方式	ヒートレス式
供給空気量	3920 Nm ³ /s
乾燥空気量	3330 Nm ³ /s
乾燥空気露点	大気圧において-30℃

圧縮空気槽

容量	0.43 m ³
----	---------------------

(3) 排水熱交換設備

本系統は排水熱交換器、オリフィス、空操弁及び液位計より構成され、格納容器内の高温水を冷却して一般排水として放流することを目的としている。高温水を排出する場合に遠隔操作により空操弁を開とし、排水熱交換器に導いて冷却し放流する。格納容器内が高圧の状態では排水を行う場合に、配管に高圧がかからないように排水熱交換器上流にオリフィスを設けている。排水系の運転は格納容器内液位により自動運転することも可能である。排水熱交換器の仕様を以下に示す。

形式	水冷式(シェルアンドチューブ)
設計圧力	胴部、管部ともに0.294 MPa (3 kg/cm ² g)
設計温度	100℃(胴部)、80℃(管部)
冷却水	濾過水
交換熱量	93 kW (8 x 104 kcal/h)
伝熱面積	1.9 m ²

(4) 冷却水及び洗浄水系

本系統は冷却用濾過水の供給配管及び洗浄水供給配管より構成される。排水熱交換器、高周波電源装置、ケーブル、コイルの冷却には濾過水を直接一過通水する。凝縮タンクへの供給及び模擬格納容器洗浄用水として、純水器の前置フィルタを通水した濾過水を供給する。本系統の主な仕様は以下の通りである。

排水熱交換器用冷却水	1 6 6 7 c m ³ /s (6 m ³ /h)
模擬格納容器洗浄用水	2 7 8 c m ³ /s (1 m ³ /h)
凝縮水タンク供給水	2 7 8 c m ³ /s (1 m ³ /h)

(5) 換気設備

本系統は格納容器排気配管及び排気ファン、O₂メーターにより構成される。試験実施後における模擬格納容器内作業の際に、空気取り込み弁を開とし、排気ファンを運転することにより、排気配管を通して格納容器内の排気と雰囲気中の空気による置換を行う。また、O₂メーターにより排気流体中の酸素濃度測定を行い、作業の安全確認を行う。なお、O₂メーターは取り外し可能な構造とし、作業場所での酸素濃度測定を行えるようにしてある。本系統の主な仕様は以下のとおりである。

排気ファン

空気容量	0. 3 8 9 N m ³ /s (1 4 0 0 N m ³ /h)
------	--

O₂メーター

測定酸素濃度範囲	0 ~ 2 5 %
ガス採取方法	圧入方式或いは吸引ポンプ（内蔵）による 吸引方式
応答速度	9 0 % 応答 3 0 秒以内
温度範囲	0 ~ 4 0 °C

3. 2. 6 計測・制御設備

(1) 構成

計測・制御設備は、実験を所定の条件（温度、圧力、流量、液位等）に基づいて、円滑かつ確実に実施し、必要な実験データを高精度で取得する上で必要不可欠な設備である。本設備は主として以下に示すような機能を有する。

- (i) 計測器信号の取り込み、補正、変換、表示、記録
- (ii) データ収録装置への計測器信号の転送
- (iii) 各種機器（ヒータ、ポンプ、弁、ファン等）の操作及び制御

- (iv) 装置（模擬格納容器、リーク試験装置、蒸気発生器等）及び機器の状態監視、インターロック機構の作動、異常診断、警報発信、緊急停止
- (v) 自動試験プログラムの実行

付録の系統図（6 / 6）に計測・制御設備の構成を示す。本設備は主に計測器、中継端子盤、変換器盤、操作監視盤、オペレータステーション、ヒータ制御盤及びモータ制御盤から構成されている。以下にこれらの概要を述べる。

計測器

実験を遂行する上で必要となる温度、圧力、衝撃圧力、流量、液位、歪、露点、ヒータ電力等の物理量を計測するため、各種計測器が試験装置各部に取り付けられている。これらは用途によって計測用、制御・監視用及び現場監視用に分けられる。ここで、計測用とはデータ収録装置に記録されるもの、制御・監視用とは操作監視盤内に設置されている分散型制御システム（DCS：Distributed Control System）に信号が送られ、操作監視盤のグラフィックパネル、もしくは制御用コンピュータの画面上に表示可能であるもの、現場監視用とは現場のみに測定値が指示されるものと定義する。計測器によっては、計測と制御・監視を兼用しているものもある。計測リストは表 3. 2 に示し、制御用計測器（制御・監視及び現場監視用）については、計測器番号、計測項目、計測器の種類、測定レンジ及び用途を表 3. 3 にまとめる。

中継端子盤

中継端子盤は計測器あるいは変換器盤から送られてくる信号を中継し、それらをデータ収録装置や操作監視盤内に収録された分散型制御システムに送る。データ収録用として、中速データ収録装置用 128 チャンネル、高速データ収録装置用 6 チャンネルが装備されている。中速データ収録装置用の端子は、零接点装置に接続された熱電対用 90 チャンネルとその他の電圧信号用 38 チャンネルに区別される。

変換器盤

変換器盤にはリーク流量を評価するための露点計及びリーク試験体に取り付けられた歪ゲージに用いるアンプが収納されている。露点計の信号は 1 ~ 5 V、歪ゲージの信号は -5 ~ +5 V の範囲内で増幅され、中継端子盤に送られる。

操作監視盤

操作監視盤内には、分散型制御システム（シグナルコンディショナ及び制御ユニットから構成される）、リピートリレー、打点式記録計、アナログ／デジタル変換器等が収納されている。中継端子盤から送られる計測器の電気信号は、分散型制御システムに取り込まれる。これらの信号に基づいて、ヒータ（ON/OFF 式及びサイリスタ制御式）、ポンプ、ファン、弁（ON/OFF 弁及び調節弁）等の各種機器を、実験条件を満足するよう操作あるいは制御する。必要に応じ計測器の信号を抜粋して、30 打点式記録計に並行して記録・監視する。

操作監視盤前面には、模擬格納容器、蒸気発生器等の構成装置あるいは機器の状態、試験の行程

等を監視し、各種機器を操作するために、グラフィックパネル、警告表示灯（アナンシエータ）、行程表示灯、機器操作ボタン、緊急停止ボタン等が配置されている。グラフィックパネル上には、装置の状態を監視するために、必要な物理量の値及び主要な弁の開閉状態が表示できる。また、異常事態が生じた場合は警報を発して運転員に知らせる設計となっている。

オペレータステーション

オペレータステーションは、ディスプレイ、キーボード、ハードディスク、プリンター及びコンピュータより構成されており、各制御ユニットと通信を行い、装置及び機器の運転監視、実験条件の設定あるいは変更、行程の表示、データ処理、データ記録、システムの診断等を行う。これらの作業は数種類の表示画面を見ながら実行する。表示画面には、予め用意されているものと使用者が自由に構築できるものがある。図3. 10(a)から(c)に本試験用に作成した表示画面の例を示す。オペレータステーションにより実験条件を設定、変更すると、分散型制御ユニットがそれを認識し、該当するヒータ、弁等の機器を自動的に操作、制御する。また、試験プログラムを実行し、予め設定してある試験条件に従って装置を運転することが可能である。

ヒータ制御盤及びモータ制御盤

ヒータ制御盤及びモータ制御盤は、分散型制御システムから送られる信号により、ヒータ、ポンプ及びファンを制御するためのものである。ポンプ、ファン及びON/OFF式ヒータは、デジタルのON/OFF信号で操作され、サイリスタ式ヒータは分散型制御システムのシグナルコンディショナから出力されるアナログ信号（DC 1～5 V）で電力が制御される。

(2) 制御方法

本試験装置の制御方法には、手動制御、構成装置単独の自動制御及び試験プログラムに追従した自動制御がある。手動制御では、操作監視盤前面のスイッチ類を操作して装置を制御する。装置単独の自動制御では、オペレータステーションで設定された条件を満足するよう、各種機器が操作、制御される。試験プログラムは、それぞれの実験について開始から終了までの一連の機器の制御手順を記述したものである。プログラム中には制御に必要な温度、圧力等の物理量の値が設定されている。これらの値は、制御用コンピュータを通して容易に変更できる。試験プログラムを起動させると、原則的には、制御に必要な運転員は試験装置の状態を監視するだけでよいが、自動制御では対応が困難な状態が発生した場合には、適宜手動による介入を行い対処することが可能である。

ヒータ、ポンプ及びファンの制御と同様に、弁の制御方法も二つに区別される。ON/OFF弁の場合は、デジタル信号で作動し、調節弁の場合はシグナルコンディショナからのアナログ信号（DC 1～5 V）でその開度が調節される。

試験装置の運転中に漏電、結線短絡、機器の不具合等が生じた場合あるいは運転員が誤操作を行った場合を考慮して、本制御設備には、運転員の安全を確保し、構成装置及び機器を保護するため、インターロック機能が備えられている。この機能は、構成装置の温度、圧力、液位等が安全上の設定範囲から逸脱した場合に、関連機器を操作して、設定範囲内に回復させるためのもので、手動制御、自動制御にかかわらず作動する。法的規制あるいは材料の持つ強度により決められたものを除

いて、本機能を作動させるための各種物理量の設定値（上限値、下限値等）は変更可能である。

直ちに試験装置を停止しなければならない緊急事態が発生した場合には、緊急停止装置機能により、関連する機器が安全に作動し、装置全体を速やかに停止することができる。この機能は操作監視盤前面に備えられている緊急停止ボタンにより作動する。

3. 3 リーク定量化試験装置及び試験体

3. 3. 1 リーク定量化試験装置

(1) リーク定量化試験装置系統

図3. 11にリーク試験装置周辺の系統図を示す。蒸気発生器で作られた蒸気は大型リーク試験容器及び小型リーク試験容器の高温高压部に供給され、容器内でヒータにより設定温度まで加熱された後に大気へ放出される。試験開始前及び試験終了後には常温においてテスト部の気密試験を実施する必要があるため、タンクローリもしくはボンベカードルから両試験容器の高温高压部に窒素ガスを供給できるようになっている。

両試験容器の低温低压部にはキャリアガスとして窒素を流し込み、低温低压部雰囲気をリーク流量測定系に導く。リークの発生及び微少なリーク量の測定には露点計を用いる。露点計と面積式流量計を併用することにより広範囲のリーク流量を計測することが可能である。リーク流量測定系および、露点計の主要な仕様を以下に示す。

リーク流量測定系の仕様：

N ₂ キャリアガス流量		$5.56 \times 10^{-4} \sim 2.78 \times 10^{-3} \text{Nm}^3/\text{s}$ ($2.0 \sim 10.0 \text{Nm}^3/\text{h}$)
リーク流量測定範囲	露点計	$0.2 \sim 3.0 \text{Ncm}^3/\text{s}$
	面積式流量計	$2.8 \sim 28.0 \text{Ncm}^3/\text{s}$
キャリアガス冷却器	キャリアガス最大流量	$1.39 \times 10^{-4} \text{Nm}^3/\text{s}$ ($0.5 \text{Nm}^3/\text{h}$)
	キャリアガス入口最高温度	500℃
	キャリアガス出口最高温度	50℃
	冷却水流量	$1.39 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$ ($0.5 \text{m}^3/\text{h}$)
	冷却水温度	常温

露点計の仕様：

使用キャリアガス	乾燥N ₂
測定範囲	-30～+10℃
許容周囲温度	-20～+60℃
キャリアガス圧力	大気圧
測定精度	±2℃

(2) 大型リーク試験容器

大型リーク試験容器には実規模電線貫通部模擬体を装着する。容器の構造を図3. 12に示し、

主要な仕様を以下にまとめる。

設計圧力	2. 0 6 MP a (2 0 k g / c m ² g)
常用圧力	1. 7 6 MP a (1 7 k g / c m ² g)
設計温度	高温高压部 3 5 0 °C 低温低压部 5 5 0 °C
常用温度	高温高压部 3 1 5 °C 低温低压部 5 0 0 °C
内容積	5. 2 5 m ³
最大昇温速度	0. 0 1 4 °C / s e c (5 0 °C / h)
断熱ライニング肉厚	1 0 0 mm
ヒータ電力	5 0 k W
スリーブヒータ電力	1. 5 k W
冷却用空気流量	0. 3 9 N m ³ / s e c (1 4 0 0 N m ³ / h)
冷却用空気流入温度	3 0 °C
冷却用空気排出温度	8 3 °C

試験容器は格納容器内部の雰囲気模擬する高温高压部と、格納容器外部雰囲気模擬する低温低压部に分けられる。高温高压部には蒸気発生器から蒸気が供給され、試験条件にしたがい、サイリスタ制御のヒータで雰囲気温度が制御される。高温高压部の内壁には耐熱ライニングとしてアルミナ系断熱キャストブルを100mmの厚さで施し、試験容器壁への伝熱を抑制する。高温高压部には蒸気供給用、蒸気放出用、ドレイン用、ヒータ取り付け用、計測・制御用及び予備ノズルを、低温低压部には露点計のキャリアガスとして利用する窒素ガスの供給用、排出用及び予備ノズルを装備している。電線貫通部模擬体は高温高压部と低温低压部を隔離する仕切板に溶接され、高温高压部と低温低压部との境界のフランジ部分に固定される。模擬体内部に装着された熱電対や歪ゲージの計測器用ケーブルは、仕切板にあけられた孔を通して容器外部に取り出される。

(3) 小型リーク試験容器

小型リーク試験容器では2種類の試験体（アルミナ磁器モジュール試験体及びシリコン樹脂試験体）を用いた実験を実施する。図3. 13に小型リーク試験容器の構造を示す。また、小型リーク試験容器の主要な仕様を以下に示す。

設計圧力	2. 0 6 MP a (2 0 k g / c m ² g)
常用圧力	1. 7 6 MP a (1 7 k g / c m ² g)
設計温度	5 5 0 °C
常用温度	5 0 0 °C
内容積	0. 0 3 6 m ³
ヒータ電力	4 k W

小型リーク試験容器は高温高压部と低温低压部に分けられる。高温高压部には蒸気発生器から蒸気を供給し、試験容器外側に設けたON-OFF制御のマントルヒータで加熱することにより設定

温度を実現する。容器全体に保温材を施し熱の逃げを抑えている。試験体を溶接している仕切板を、高温高圧部と低温低圧部との境界のフランジ部分に取り付ける。高温高圧部には蒸気供給用、蒸気放出・ドレイン兼用及び予備ノズルが、低温低圧部には窒素キャリアガス供給用及び排出用のノズルが装備されている。主要な計測・制御項目は雰囲気圧力、雰囲気温度、試験容器内壁温度、ヒータ電力、保温材表面温度等である。図3. 14に小型リーク試験容器の熱電対取り付け位置を示す。

3. 3. 2 試験体

試験体として、実炉に用いられている代表的な電線貫通部を可能な限り忠実に模擬した実規模電線貫通部模擬体と、その構造上温度及び圧力負荷に対して脆弱であると思われる部分を模擬した2種類の小型の試験体を用いる。

(1) 実規模電線貫通部模擬体

試験体としては個々のケーブルの断面積が 38 mm^2 である、PWR格納容器の小電力用ピッグテイル型電線貫通部の模擬体を使用する。実規模電線貫通部模擬体の構造を図3. 15に示す。圧力バウンダリとなっている2枚の端板には多数のアルミナ磁器モジュールが貫通している。アルミナ磁器モジュールは、中空円筒形のアルミナ磁器の空間部に銅のケーブルが収納されている構造となっている。アルミナ磁器は銀ロウ付けにより2つの金具を介して端板とケーブルの両方に固定されている。シリコンゴムとガラスウールで被覆されたケーブルが、コネクタによりアルミナ磁器モジュールに連結されている。また、端板の両側には、主に絶縁のためシリコン樹脂が充填されている。電線貫通部模擬体内部には熱電対(タイプK)及び歪ゲージが多数取り付けられている。歪ゲージは高温高圧側の端板、上部金具及び連結棒の表面にそれぞれ2箇所ずつ、熱電対は両端板の表面、金具、ケーブル等、合計21箇所に配置されている。高温高圧部から低温低圧部への熱の流れを観測するため、試験体のほぼ中心に位置する26番ケーブルには高温高圧側の先端から低温低圧側の先端まで11本の熱電対を集中的に配置している。また、圧力計により端板間の空間の圧力変動を計測する。

(2) 小型リーク試験容器用試験体

図3. 16にアルミナ磁器モジュール試験体の構造及び計測器の取り付け位置を示す。試験体は1本のアルミナ磁器モジュールとその周囲の端板を取り出したものを仕切板と一体としたものである。端板の肉厚、アルミナ磁器の寸法等、主要部分の諸元は実規模のものと同様である。計測器用ケーブルは仕切板内の孔を通して試験容器外に取り出される。リークが発生した場合には、高温高圧側の水蒸気がシュラウド、仕切板に予め設けられた開口部を通して試験容器の低温低圧部に流れ込むようになっている。アルミナ磁器モジュール試験体を用いる実験は、銀ロウ付けによる端板とアルミナ磁器モジュール、銅ケーブルとアルミナ磁器モジュールの接合部分の機械的挙動に及ぼす温度と圧力の影響を明らかにすることを目的としているので、2つの接続用金具(上部金具及び中間金具)に全部で6点の歪ゲージ取り付け発生する歪を測定する。熱電対は仕切板表面、シュラウド表面、端板表面、ケーブル表面等、合計9箇所に取り付けている。

シリコン樹脂試験体は端板とアルミナ磁器モジュールの接合部分の周囲に充填されているシリコ

ン樹脂部分を模擬している。シリコン樹脂はアルミナ磁器モジュールと格納容器内雰囲気とを隔てており、この部分の状態の変化（例えば、熔融または分解）はアルミナ磁器モジュールに対する熱的、機械的境界条件を変えることになる。図3. 17にシリコン樹脂試験体の構造及び計測器の取り付け位置を示す。この試験体を用いる実験は主にシリコン樹脂の熱的挙動を観察することを目的としているので、測定項目は温度のみであるが、詳細な温度分布を得るために全部で37点、特にシリコン樹脂の内部には23本の熱電対を埋め込んでいる。シリコン樹脂が高温で熔融移動する場合を想定すると、熱の良導体であるケーブルの位置がシリコン樹脂の熱的挙動に大きく影響を及ぼす可能性がある。そこで、ケーブルの位置が異なる（試験体中央、上方及び下方）3種類の試験体を作成した。なお、シリコン樹脂内部の熱電対を支持するための棒にはアルミナ製のものを採用し、その熱的影響を極力抑えるようにした。

3. 4 溶融炉心冷却材相互作用試験装置

溶融炉心冷却材相互作用試験では、二つの接触モードにおける実験を行う。図 2. 2 に示したように、溶融物落水蒸気爆発実験では、模擬格納容器の上部に溶融物投下装置、格納容器中に相互作用容器を配置し、溶融物を相互作用容器中の冷却材に投下して相互作用を起こさせる。溶融物冷却性実験では格納容器中に置いた相互作用容器の中で溶融物をつくり、そこに冷却材を注入して相互作用を起こす。以下にこの実験に用いられる装置類について説明する。

3. 4. 1 溶融物落水蒸気爆発実験

(1) 溶融物投下装置

溶融物投下装置は模擬格納容器頂上部の C-1 ノズルの上に設置される。以下の 2 方式の装置がある。なお、溶融物投下装置と模擬格納容器の間には、急速閉止弁(図 3. 6)が設けられている。これは水蒸気爆発が生じた場合に溶融物投下装置を保護するためである。

(i) テルミット反応方式溶融物投下装置

図 3. 18 に示した概略図のように、円筒形の容器の中に入るつぼを設置する台座を備えたものである。るつぼはマグネシア製で、最大 100kg の酸化鉄-アルミニウムテルミットを溶融し、投下することができる。るつぼは底部に投下孔(直径 200mm)をもつ。この投下孔は初めに耐熱ガラスで塞がれており、るつぼ内でテルミット反応が進行するとガラス板が加熱され、破壊することによって溶融物を投下する。るつぼ内のテルミット反応の進行状態とガラスの加熱破壊のタイミングを適切にするため、るつぼ底近くのテルミット粉末は上部のテルミット粉末と鉄板によって隔てておき、上部でテルミット反応が十分進行した後に底部のテルミット粉末が点火し、ガラス板が加熱されるようにする。テルミットへの点火には、電気加熱されるタングステン線と少量の黒色火薬を用いる。

(ii) 高周波誘導加熱方式溶融物投下装置

図 3. 19 に概略図を示す。テルミット反応方式よりもやや大型の容器に、高周波誘導加熱コイル、ジルコニアまたはスピネル製のるつぼ、投下孔を開閉するためのストッパー、ストッパーを駆動するアクチュエータが備えられている。高周波誘導加熱装置は周波数 2kHz、150kW の最大出力を有し、誘導コイルは銅製で水冷される。るつぼは内るつぼ、外るつぼの二重構造で、その間隙にはマグネシアの粉末を充填し、万一内るつぼが破損した場合にも高温の溶融物が漏洩しないようになっている。また、内るつぼと外るつぼの間隙には環状に熱電対が挿入されており(誘導加熱を防ぐため閉じてはいない)溶融物が内るつぼから漏洩した場合に検知して運転を停止するインターロック回路が設けられている。るつぼ底部の投下孔は直径 100mm で、ジルコニア製のストッパーで塞がれている。このストッパーは非駆動状態においてスプリングでるつぼ底に押し付けられており、溶融物投下時に窒素ガスによるアクチュエータで引き上げられる。るつぼとストッパーの接触面はすり合せを施して密封性を確保する。るつぼ内の溶融物の温度を放射温度計によって測定するため、るつぼ上端に窓が設けられている。

(2) 相互作用容器

相互作用容器は模擬格納容器内中央のテーブル（衝撃吸収盤）上に設置され、以下の3種類がある。

(i) 鋼製水槽

図3. 20に概要を示す。内径1000mm、高さ1200mmで容量0.94m³の円筒形容器である。厚さ20mmの炭素鋼製であり、水蒸気爆発が発生しても破損しない強度をもつ。壁面に熱電対、圧力センサー取り付け孔を備える。

(ii) アクリル透明水槽

図3. 21に概要を示す。水蒸気爆発の現象を高速度カメラ等で可視化することを目的とし、厚さ10mmのアクリル製矩形容器である。水蒸気爆発が発生した場合には破損する。3種類の大きさがあり、実験に適するものを用いる。

(iii) 鋼製フレーム式透明水槽

図3. 22に概要を示す。ステンレス製のフレームに内側から厚さ10mmのアクリル板またはポリカーボネート板をボルトで張ったものである。ポリカーボネート板は水温が飽和温度近くの条件でアクリルが使用できない場合に用いる。フレームに圧力センサー取り付け孔をもつ。現象を観察でき、圧力センサーが水蒸気爆発によって飛散しないという利点があるが、アクリル透明水槽と比較して死角が多く、激しい水蒸気爆発ではフレームも変形するという欠点がある。

3. 4. 2 溶融物冷却性実験用溶融物保持容器

溶融物冷却性実験は図3. 23のような溶融物保持容器を用いる。これは炭素鋼製容器の中にマグネシア製のるつぼを入れたもので、その隙間にはマグネシア粉末が充填されている。るつぼの外壁にはKタイプ、るつぼ底面にはBタイプの熱電対が取り付けられている。実験ではこの溶融物保持容器の中にテルミット反応による溶融物を保持した状態で、ノズルから注水して溶融物と冷却水の相互作用を起こさせる。注水ノズルは、パイプ式とスプレー式の2種類がある。テルミットの点火にはテルミット反応式溶融物投下装置と同様の点火装置を用いる。

なお、水蒸気爆発が発生した場合に破損した保持容器が飛散することを防止し、保持容器からオーバーフローする冷却水を保持するため、衝撃吸収盤上に設置された鋼製水槽の中に溶融物保持容器を設置して実験を行う。

3. 5 溶融炉心コンクリート相互作用試験装置

溶融炉心コンクリート相互作用(MCCI)試験装置の概要は図2. 3に示した。本装置の主要設備はMCCI試験容器、高周波誘導加熱設備、MCCI りつぽ、窒素ガス供給設備、オンラインガス計測設備、ガス・エアロゾル採取設備、排気設備及び関連制御・計測設備である。

MCCI試験容器内に設置したMCCI りつぽ内で、高周波誘導加熱により溶融炉心模擬物を加熱、溶融し、MCCIを実現する。MCCI試験容器の主要材質はステンレス鋼(SUS304)で、高周波ブスバーの貫通、熱電対の取り出し、窒素ガスの供給、内部観察、発生ガス及びエアロゾルの放出等に用いる種々のノズルが取り付けられている。放熱を抑えるために、MCCI試験容器の外表面には断熱材が施されている。

高周波誘導加熱設備は、電源盤、整合盤及び加熱コイルから構成される。電源盤の仕様は以下の通りである。

入力	: 3 ϕ 440 V、50 Hz、215 kVA
出力	: 1 ϕ 575 V、2 kHz、150 kW
冷却水流量	: 90 L/min
寸法	: 1500 W \times 1380 D \times 1935 H

整合盤には、被加熱体とインバータとの整合を行うためのコンデンサが収納されている。整合盤の主要な仕様及びコンデンサの容量構成を以下に示す。

整合盤

容量	: 2 kHz、979 V、700 kVA
冷却水流量	: 130 L/min
寸法	: 2800 W \times 1250 D \times 1400 H

コンデンサ容量構成

回路電圧	: 979 V
回路周波数	: 2 kHz
コンデンサ容量(固定分)	: 83 μ F \times 7
(合計)	: 581 μ F、7000 kVA

高周波コイルは銅製で、加熱有効高さ350 mmである。溶融炉心模擬物がMCCI りつぽから漏洩した場合を考慮して、コイル自身は耐熱セメントにより保護されている。耐熱セメントは、内径約390 mm、外径約700 mmの円筒形状である。MCCI りつぽを耐熱セメントで覆われた加熱コイルの内側に設置し、溶融炉心模擬物を加熱する。加熱コイルと整合盤は銅製の高周波ブスバー(長さ6.5 m)で接続されている。

図3. 24及び図3. 25に示す2種類のMCCIるつぼを製作した。図3. 24に示するつぼは、底部のみにコンクリートが充填されている。これに対し、もう一方のるつぼは底部及び側壁ともにコンクリートでできており、半径方向のコンクリートの浸食も調べることが可能である。それぞれのMCCIるつぼのコンクリート内には熱電対が埋め込まれており、コンクリート浸食深さの同定（タイプK）、あるいは溶融物温度の測定（タイプB）が可能である。MCCIるつぼにはステンレス鋼製の上蓋を取り付ける。上蓋には、観測用、窒素供給用のノズルが装備されている。両MCCIるつぼの熱電対埋め込み位置をそれぞれ図3. 26及び図3. 27に示す。

MCCIによって発生する可燃性ガス（主に水素及び一酸化炭素）を可燃限界以下まで希釈するために、窒素ガス供給設備により窒素ガスを供給する。窒素ガスはボンベ（150 kg/cm²G）20本を装填するカードルから供給される。大流量系と小流量系の2系統に分かれており、それぞれに面積式流量計、流量補正用の熱電対及び圧力計が取り付けられている。大流量系によりMCCI試験容器に、小流量系によりMCCIるつぼに窒素ガスが導入される。

オンラインガス計測設備は、MCCIにより発生する非凝縮性ガス（水素、二酸化炭素、一酸化炭素及びメタン）の組成を測定、監視するための設備である。図3. 28に本計測設備の系統を示す。ガス導入口はMCCI試験容器出口の直下流に位置し、本設備に導入されたMCCI発生ガスは、フィルタ及びドライアイス冷却瓶によりエアロゾルと水蒸気が除去された後、ガスクロマトグラフィーを用いて組成が分析される。実験中は制御室に設置したコンピュータから遠隔でガスクロマトグラフィーを操作する。

ガス・エアロゾル採取設備は図3. 29に示すように、希釈装置、サイクロン分級器、エアロゾル採取部、ガス採取部及び関連制御・計測装置から成る。希釈装置の希釈率は1/3～1/20である。本装置の構成、材質及び数量は以下の通りである。

サンプリングノズル	SUS 304 (外径18×内径16×300 mm)	1式
分流器	SUS 304	1式
希釈器	SUS 304	1台
マントルヒーター	600 W (AC100 V)	1台

サイクロン分級器はSUS 304製で温度制御のためにマントルヒーター（500 W）が取り付けられている。

エアロゾル採取部の主要構成機器はカスケードインパクト及びそれらを収納するための恒温槽である。原則的には、恒温槽の温度をエアロゾル採取ノズル近傍と同一の温度に設定する。カスケードインパクト及び恒温槽の主要な仕様を以下に示す。

カスケードインパクト

形式	アンダーセンタイプ (AN-200及びAN-700)
流量	28.3 l/min (AN-200) 20.0 l/min (AN-700)

分級範囲	0 段	11.0 μm
	1 段	7.0 μm
	2 段	4.7 μm
	3 段	3.3 μm
	4 段	2.1 μm
	5 段	1.1 μm
	6 段	0.65 μm
	7 段	0.43 μm

バックアップフィルタ

材質	アルミニウム
使用温度	最高200℃
寸法	$\phi 97 \times 306 \text{ mm}$

恒温槽

最高温度	300℃
電源	3 ϕ 440V
所要電力	4.95 KVA
恒温槽内寸法	800 \times 600 \times 600 mm
外装寸法	1400 \times 800 \times 900 mm
重量	約250 kg

ガス採取部には、MCCI 発生ガス中に含まれている水蒸気を凝縮、除去するためのコールドトラップ及びガス採取瓶が装備されている。ガス採取瓶は SUS 304 製で、内容積は 50 ml である。

ガス・エアロゾル採取設備の系統には、流路を設定するための空気作動弁、電磁弁、エアロゾルを除去するためのフィルタユニット、流量を制御するためのマスフローコントローラ、面積式流量計、ガス中に含まれる水蒸気の量を測定するための露点計、排気用の真空ポンプ、その他の計測器等が備えられている。

排気設備は MCCI により発生するガスを大気中に放出する設備である。ガス中に浮遊するエアロゾルはダスト捕集器により除去される。可燃性ガスである水素は排気加熱器で加熱された後、触媒容器を通過する間に酸化される。ダスト捕集器の直後にオリフィス流量計、流量補正用の圧力計及び熱電対が設置されており、MCCI 発生ガスと供給窒素ガスの合計流量が測定される。

希釈器、分流器、サイクロン分級器及び恒温槽の温度、各系統の流量は制御室内に設置したガス・エアロゾル採取設備用の制御盤を用いて適宜制御する。

3. 6 エアロゾル挙動試験装置

3. 6. 1 水プール

実験においてサンプル水やサブプレッションプールを模擬するために高さ 2m、直径 1m の水プールを設置する。水プールの模擬格納容器内設置図を図 3. 30 に示す。材質は防錆処理した鋼製とし、搬入口の大きさを考慮して 2 分割方式となっている。また、水温及び水位を計測するために熱電対と差圧計を用いている。水プール内の水溶液の温度を実験雰囲気圧力における飽和温度にするため、最高供給水温度 200℃、最大供給量 0.4m³/h の熱水を供給できる蒸気発生器で作られた高温の水が、熱水供給ラインを通り、水プールに供給される。

3. 6. 2 ガス・エアロゾル放出系

格納容器上部にある N-6 ノズルに接続され、格納容器が加圧破損した場合のリーク経路を模擬する。その概要は図 2. 4 に示した通りである。水蒸気の凝縮を防ぐために配管はヒーターで加熱している。オリフィス通過後の減圧されたガスをフィルタに導き、エアロゾル粒子を除去した後にガス流量を測定する。その後、凝縮水タンクの水中に吹出させて水蒸気分を凝縮させた後大気中に放出する。なお、オリフィス下流の配管はヒータにより 120℃以上に保っている。広範囲な流量を測定可能なように 2 系統の流量測定系を設け、流量により切り替えて使用する。ガス・エアロゾル放出系の主な仕様は以下のとおりである。なお、系の詳細な構成については付録の系統図 (3/6) を参照されたい。

オリフィスは、模擬格納容器内の減圧速度を設定するのに用いており、実験により異なる径のオリフィスを使用できるよう交換が可能な設計となっている。

最高使用温度

オリフィス～フィルタ	170℃
凝縮水タンク	100℃

最高使用圧力

オリフィス～フィルタ	0.49MPa
凝縮水タンク	0.1MPa
オリフィス開口径	24mm

流量計測定範囲

小流量計	0.01～0.09m ³ /s
大流量計	0.09～1.0m ³ /s

フィルタ

処理ガス量	1.0m ³ /s / 3基
粒子捕集量	1kg / 3基
捕集効率	99.5%以上 (0.1μm以上の粒子)

3. 6. 3 熱水力測定装置

実験では、模擬格納容器内外の温度、圧力、水蒸気割合等の熱水力状態を測定する。構成は以下の通り。

熱電対

熱電対取り付け位置を図3. 31に示す。

- (1) 格納容器内雰囲気温度：Type K (0～250℃) 7本
- (2) 格納容器内壁付近温度：Type K (0～250℃) 4本
- (3) 格納容器壁内外温度：Type K (0～250℃) 6本
- (4) 放出系内ガス温度：Type K (0～250℃) 2本
- (5) 配管温度：Type K (0～250℃) 3本
- (6) 水プール水温：Type K (0～250℃) 2本

圧力計

放出系配管内圧力：圧力変換器(～0.2MPa) 1本

雰囲気採取機器

雰囲気採取機器の系統図を図3. 32に示す。模擬格納容器内から雰囲気を採取して凝縮した水の量を測定し、雰囲気中の窒素水蒸気割合を求める。雰囲気中の水蒸気成分とエアロゾル粒子に含まれる水分を区別するためコンデンサーの前にフィルターを有するラインと無いラインを設置した。

凝縮水採取機器

凝縮水採取機器の系統図を図3. 32に示す。模擬格納容器内壁に凝縮する水の量を測定する。壁面凝縮装置図を図3. 33に示す。一定面積の凝縮量が測定できるように、周囲からの凝縮水の流れ込みを防ぐような形としている。

差圧計

水プールに装着し、熱水を供給した場合の水位を測定する。最高使用温度は200℃、最大使用雰囲気圧力は2MPaまでであり、測定範囲は0～0.02MPaとした。

3. 6. 4 エアロゾル採取装置

模擬格納容器内からエアロゾルを採取、分析し、その特性(浮遊質量濃度、粒径分布)を測定する。ウェットベースエアロゾル採取装置の概念図を図3. 34に示す。再浮遊実験で格納容器内に浮遊したエアロゾル粒子は、最初、核となる物質を含んだ水滴の状態と考えられるが、時間の経過とともに周囲の状況により水分が蒸発したり、逆に、周囲の水蒸気を吸収する。これらの粒子をカスケードインパクターを用いて、水分を含んだ状態(ウェットベース)で採取し、その粒径分布を調べる。また、エアロゾルの浮遊質量濃度測定も調べる。カスケードインパクターは模擬格納容器

内に設置し、最大5台まで使用可能としている。また、測定時間以外に重力沈降等で吸引しないようノズルはU字で、吸入口は下方を向いている。吸引開始時にインパクター内部の濾紙が周囲雰囲気より低温である場合には水蒸気が凝縮してサンプリングに支障があることも考えられるので、ヒーターによりインパクターを加熱保温している。

4. おわりに

原研では、シビアアクシデントに関する研究として、これまで実施してきた国際協力により入手したデータの評価、燃料挙動、損傷炉心冷却性、FP除去に関する実験等に加えて、本報告書で記述した ALPHA 計画を平成2年度より開始した。

本試験では、シビアアクシデント時に格納容器の健全性に脅威を与える恐れのあるほとんど全ての現象を対象に実験を行ない、リスク評価上の不確かさを低減させることにより、原子炉の安全裕度を定量的に評価することを目的としている。

そのため、試験装置の設計に当たっては、上記の諸現象を忠実に模擬できること、高温・高圧を含め、従来の研究で不十分だった範囲をカバーできること、アクシデントマネジメントの観点からも独自の試験が行なえること等に配慮した。

本試験では、1) リーク定量化、2) 溶融炉心冷却材相互作用、3) 溶融炉心コンクリート相互作用、及び4) エアロゾル挙動に関する4項目の試験を実施している。本試験から得られる成果は、軽水炉におけるシビアアクシデント時の安全裕度評価、およびアクシデントマネジメントの有効性評価に反映できるものと考えられる。

謝 辞

本研究計画の立案から計画を進めるまでの全ての段階で、平野元燃料安全工学部長、市川元燃料安全工学部長、辻野元燃料安全工学部次長、小林元燃料安全工学部長、早田東海研究所副所長および村松リスク評価解析研究室長には多大な尽力と支援を賜った。ここに深く感謝の意を表す次第である。また、試験装置の設計を進めるに当たっては、原子炉安全工学部安全試験技術室清水元室長および同大木元室長の援助を賜った。ここに深謝する次第である。

参考文献

- (1) 原子力安全委員会原子力施設等安全研究専門部会、原子力施設等安全研究年次計画（昭和61～昭和65年度）(1985)
- (2) 原子力安全委員会ソ連原子力発電所事故調査特別委員会、ソ連原子力発電所事故調査報告書(1987)
- (3) 原子力安全委員会原子力施設等安全研究専門部会、原子力施設等安全研究年次計画（平成3～7年度）(1990)
- (4) 原子力安全委員会原子力施設等安全研究専門部会、原子力施設等安全研究年次計画（平成8～12年度）(1995)
- (5) 原子力安全委員会、軽水型原子力発電所におけるアクシデントマネジメントの整備について(1995)
- (6) 秋山、他、日本原子力学会誌、37巻9号(1993)
- (7) 成合、他、日本原子力学会誌、39巻9号(1997)
- (8) 杉本、伝熱研究、34巻133号(1995)
- (9) 杉本、他、日本原子力学会誌、39巻2号(1997)
- (10) U.S.NRC, Reactor Safety Study, WASH-1400(1975)
- (11) U.S. NRC, Severe Accident Risks: An Assessment for Five U.S. Nuclear Power Plants, NUREG-1150(1990)
- (12) U.S. NRC, Review of current understanding of the potential for the containment failure arising from in-vessel steam explosions, NUREG-1116(1985)
- (13) U.S.NRC, A Reassessment of the Potential for an Alpha-Mode Containment Failure and a Review of the Current Understanding of Broader Fuel-Coolant Interaction Issues - Second SERG, NUREG-1524(1996)
- (14) Yamano et al., Technical Note on Ex-vessel Core Melt Debris Coolability and Steam Explosions, NEA/CSNI/R(96)24(1996)
- (15) Yamano et al., Small scale component experiments of the penetration leak characterization test in the ALPHA program, Nuclear Engineering and Design, Vol. 145, pp. 365(1993)
- (16) Yamano et al, Phenomenological studies on melt-coolant interactions in the ALPHA program, *ibid.*, Vol. 155, pp. 369(1995)
- (17) Sugimoto et al., Fuel-coolant interaction experiments in ALPHA program, Proc. 5th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics (NUPETH-5), Salt Lake City(1992)
- (18) 丸山、他、CORCON Mod.3によるALPHAおよびACE計画MCCI実験の解析、日本原子力学会 春の年会(1994)
- (19) Kudo et al., Experimental study of aerosol reentrainment from flashing pool in ALPHA program, Proc. 3rd International Conference on Containment Design and Operation, Toronto(1994)

表3. 1 模擬格納容器ノズル一覧(その1)

ノズル番号	内径(mm) または 呼径 ⁽¹⁾	位置			用途
		高さ ⁽²⁾ (mm)	半径 ⁽³⁾ (mm)	方位角 (度)	
MH-1	1500	3470	胴部	270	機器搬入口
MH-2	600	600	スカート	225	底部へのアクセスホール
a-1	12B	上部鏡面	1200	135	観測・測定用(大)
a-2	12B	上部鏡面	1200	315	観測・測定用(大)
a-3	12B	2820	胴部	0	観測・測定用(大)
a-4	12B	2820	胴部	90	観測・測定用(大)
a-5	12B	2470	胴部	180	観測・測定用(大)
a-6	12B	上部鏡面	1200	225	観測・測定用(大)
a-7	12B	上部鏡面	1200	45	観測・測定用(大)
a-8	12B	3820	胴部	0	観測・測定用(大)
a-9	12B	3820	胴部	90	観測・測定用(大)
a-10	12B	3820	胴部	180	観測・測定用(大)
a-11	12B	2470	胴部	22.5	観測・測定用(大)
a-12	12B	3170	胴部	67.5	観測・測定用(大)
a-13	12B	2470	胴部	112.5	観測・測定用(大)
a-14	12B	3170	胴部	157.5	観測・測定用(大)
a-15	12B	3170	胴部	202.5	観測・測定用(大)
a-16	12B	3170	胴部	337.5	観測・測定用(大)
a-17	12B	2270	胴部	337.5	観測・測定用(大)
b-1	4B	4270	胴部	45	観測・測定用(小)
b-2	4B	4270	胴部	135	観測・測定用(小)
b-3	4B	4270	胴部	220	観測・測定用(小)
b-4	4B	4270	胴部	320	観測・測定用(小)
b-5	4B	3170	胴部	45	観測・測定用(小)
b-6	4B	3170	胴部	135	観測・測定用(小)
b-7	4B	3170	胴部	220	観測・測定用(小)
b-8	4B	3170	胴部	320	観測・測定用(小)
b-9	4B	2070	胴部	45	観測・測定用(小)
b-10	4B	2070	胴部	135	観測・測定用(小)

表3. 1 模擬格納容器ノズル一覧(その2)

ノズル番号	内径(mm) または 呼径 ⁽¹⁾	位置			用途
		高さ ⁽²⁾ (mm)	半径 ⁽³⁾ (mm)	方位角 (度)	
b-11	4 B	2070	胴部	220	観測・測定用(小)
b-12	4 B	2070	胴部	320	観測・測定用(小)
b-13	4 B	上部鏡面	1400	0	観測・測定用(小)
b-14	4 B	上部鏡面	1400	180	観測・測定用(小)
c-1	760	頂点	0	中央	模擬溶融物投下口
d-1	6 B	4270	胴部	67.5	予備
d-2	6 B	4270	胴部	157.5	予備
d-3	6 B	4270	胴部	191.5	予備
d-4	6 B	4270	胴部	337.5	予備
d-5	4 B	2070	胴部	約297 ⁽⁴⁾	予備
d-6	4 B	2070	胴部	約307 ⁽⁴⁾	予備
N-1	2 B	520	スカート	191.5	水蒸気注入口
N-2 a	2 B	上部鏡面	1250	約100 ⁽⁵⁾	大流量スプレイ水注入口
N-2 b	1/2 B	上部鏡面	1400	約80 ⁽⁵⁾	小流量スプレイ水注入口
N-3	1/2 B	上部鏡面	1550	90	洗浄用スプレイ水注入口
N-4	1 B	520	スカート	180	窒素ガス注入口
N-5	2 B	520	スカート	202.5	排水口
N-6	8 B	4270	胴部	202.5	ガス・エアロゾル放出口
N-7	1 B	上部鏡面	1400	112.5	安全弁取り付け用
N-8 a	2 B	上部鏡面	1400	67.5	大気放出用
N-8 b	2 B	上部鏡面	1400	270	大気放出用
N-9	1/2 B	上部鏡面	1400	22.5	圧力計取り付け用
N-10	1/2 B	2020	胴部	202.5	洗浄用水注入口
N-11	1/2 B	上部鏡面	1200	202.5	温度計取り付け用
N-12	1/2 B	2020	胴部	230	水位計取り付け用
N-13					欠番
N-14	1/2 B	3390 ⁽⁶⁾	胴部	156.1	凝縮水量測定用
N-15	1/2 B	1970 ⁽⁶⁾	胴部	23.9	凝縮水量測定用

- (1) フランジの肉厚はいずれもスケジュール40である。各呼径の内径を、以下に示す。

表3. 1 模擬格納容器ノズル一覧(その3)

ノズル呼径	スケジュール	内径(mm)
1/2 B	40	16.1
1 B	40	27.2
2 B	40	52.7
4 B	40	102.9
6 B	40	151.0
8 B	40	199.9
12 B	40	297.9

- (2) ノズルのフランジ部の中心位置のピット床面よりの高さを示す。
 (3) 中心線よりの距離
 (4) ノズルのフランジ部の中心位置が、 302° を挟んでそれぞれ175mm離れた所と位置決めしている。
 (5) ノズルのフランジ部の中心位置が、 90° を挟んでそれぞれ250mm離れた所と位置決めしている。
 (6) ノズルが傾斜しているので、ノズルの格納容器貫通部の中心点の位置である。

表3. 2 計測リスト(その1)

T A G	名 称	仕 様	レ ン ジ
TE-LAT01-LTV22	供試体Ⅱ 円筒支持部内雰囲気温度	TYPE K	0~700℃
TE-LAT02-LTV22	供試体Ⅱ 低圧側雰囲気温度	TYPE K	0~700℃
TE-HSI01-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (1)	TYPE K	0~700℃
TE-HSI02-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (2)	TYPE K	0~700℃
TE-HSI03-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (3)	TYPE K	0~700℃
TE-HSI04-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (4)	TYPE K	0~700℃
TE-HSI05-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (5)	TYPE K	0~700℃
TE-HSI06-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (6)	TYPE K	0~700℃
TE-HSI07-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (7)	TYPE K	0~700℃
TE-HSI08-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (8)	TYPE K	0~700℃
TE-HSI09-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (9)	TYPE K	0~700℃
TE-HSI10-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (10)	TYPE K	0~700℃
TE-HSI11-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (11)	TYPE K	0~700℃
TE-HSI12-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (12)	TYPE K	0~700℃
TE-HSI13-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (13)	TYPE K	0~700℃
TE-HSI14-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (14)	TYPE K	0~700℃
TE-HSI15-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (15)	TYPE K	0~700℃
TE-HSI16-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (16)	TYPE K	0~700℃
TE-HSI17-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (17)	TYPE K	0~700℃
TE-HSI18-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (18)	TYPE K	0~700℃
TE-HSI19-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (19)	TYPE K	0~700℃
TE-HSI20-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (20)	TYPE K	0~700℃
TE-HSI21-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (21)	TYPE K	0~700℃
TE-HSI22-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (22)	TYPE K	0~700℃
TE-HSI23-LTV22	供試体Ⅱ シリコン内温度 (23)	TYPE K	0~700℃
TE-HSH01-LTV22	供試体Ⅱ 円筒支持部表面温度 (1)	TYPE K	0~700℃
TE-HSH02-LTV22	供試体Ⅱ 円筒支持部表面温度 (2)	TYPE K	0~700℃
TE-HSH03-LTV22	供試体Ⅱ 円筒支持部表面温度 (3)	TYPE K	0~700℃
TE-HSH04-LTV22	供試体Ⅱ 円筒支持部表面温度 (4)	TYPE K	0~700℃
TE-HPA01-LTV22	供試体Ⅱ 高圧側仕切板表面温度	TYPE K	0~700℃
TE-LPA01-LTV22	供試体Ⅱ 低圧側仕切板表面温度	TYPE K	0~700℃
TE-LCA01-LTV22	供試体Ⅱ 低圧側導体表面温度	TYPE K	0~700℃
TE-HEP01-LTV22	供試体Ⅱ エポキシ内側温度 (1)	TYPE K	0~700℃
TE-HEP02-LTV22	供試体Ⅱ エポキシ内側温度 (2)	TYPE K	0~700℃
TE-HEP03-LTV22	供試体Ⅱ エポキシ内側温度 (3)	TYPE K	0~700℃
TE-HEP04-LTV22	供試体Ⅱ エポキシ内側温度 (4)	TYPE K	0~700℃
TE-HEP05-LTV22	供試体Ⅱ エポキシ外側温度	TYPE K	0~700℃
TE-830-LTV2	小型リークN ₂ 入口温度	TYPE K	0~300℃
TE-831-LTV2	小型リークN ₂ 出口温度	TYPE K	0~300℃

表3. 2 計測リスト (その2)

T A G	名 称	仕 様	レ ン ジ
TE-201-SL	S G 温度	TYPE K	0~300°C
PE-201-SL	S G 圧力	静電容量式	0~30kg/cm ² G
TE-101-CV	格納容器内温度 (制御)	TYPE K	0~300°C
TE-105-CV	格納容器内温度 (計測)	TYPE K	0~300°C
LE-101-CV	格納容器液位	静電容量式	0~2000mmH ₂ O
PE-101-CV	格納容器圧力	静電容量式	0~30kg/cm ² G
TE-161	格納容器外壁温度 (84度)	TYPE K	0~700°C
TE-162	格納容器外壁温度 (156度)	TYPE K	0~700°C
TE-163	格納容器外壁温度 (低部)	TYPE K	0~700°C
TE-164	格納容器内壁温度 (84度)	TYPE K	0~700°C
TE-165	格納容器内雰囲気温度 (90°, 10mm)	TYPE K	0~700°C
TE-166	格納容器内雰囲気温度 (90°, 20mm)	TYPE K	0~700°C
TE-167	格納容器内雰囲気温度 (90°, 50mm)	TYPE K	0~700°C
TE-168	格納容器内雰囲気温度 (90°, 100mm)	TYPE K	0~700°C
TE-169	格納容器内雰囲気温度 (270°, 680, 上)	TYPE K	0~700°C
TE-170	格納容器内雰囲気温度 (90°, 680, 上)	TYPE K	0~700°C
TE-171	格納容器内雰囲気温度 (180°, 680, 上)	TYPE K	0~700°C
TE-172	格納容器内雰囲気温度 (0°, 680, 上)	TYPE K	0~700°C
TE-173	格納容器内雰囲気温度 (90°, 680, 上)	TYPE K	0~700°C
TE-174	格納容器内雰囲気温度 (180°, 680, 上)	TYPE K	0~700°C
TE-175	格納容器内壁温度 (低部)	TYPE K	0~700°C
TE-176	格納容器内雰囲気温度 (低部, 100mm)	TYPE K	0~700°C
TE-177	格納容器内壁温度 (156°)	TYPE K	0~700°C
TE-121-CV	格納容器雰囲気温度 1 (高速応答)	TYPE K	0~400°C
TE-122-CV	格納容器雰囲気温度 2 (高速応答)	TYPE K	0~400°C
TE-123-CV	格納容器雰囲気温度 3 (高速応答)	TYPE K	0~400°C
TE-124-CV	格納容器雰囲気温度 4 (高速応答)	TYPE K	0~400°C
TE-203-SL	過熱器温度	TYPE K	0~300°C
TE-303-IL	注水温度 (大)	TYPE K	0~200°C
TE-304-IL	注水温度 (小)	TYPE K	0~200°C
FE-301-IL	注水流量 (大)	渦 式	0~10m ³ /Nr
FE-302-IL	注水流量 (小)	オリフイス	0~5000mmH ₂ O
PE-604-NL	N ₂ ガス元圧	静電容量式	0~30kg/cm ² G
TH-01-R	光高温計 (右)	放射温度計	0~10
TH-02-L	光高温計 (左)	放射温度計	0~10
OP-101-CV	シャッター信号	リレー信号	0~5
OP-201-CV	高速カメライベント信号	リレー信号	0~5
FE-201-SL	S G 出口蒸気流量	オリフイス	0~5000mmH ₂ O
TG-925	CO ₂ 濃度	CO ₂ メータ	0~2%

表3. 2 計測リスト(その3)

T A G	名 称	仕 様	レ ン ジ
LLD1-1	水槽液位 1-1	抵抗式	-2500~10000
LLD1-2	水槽液位 1-2	抵抗式	-2500~10000
LLD1-3	水槽液位 1-3	抵抗式	-2500~10000
LLD1-4	水槽液位 1-4	抵抗式	-2500~10000
LLD1-5	水槽液位 1-5	抵抗式	-2500~10000
LLD1-6	水槽液位 1-6	抵抗式	-2500~10000
LLD1-7	水槽液位 1-7	抵抗式	-2500~10000
LLD1-8	水槽液位 1-8	抵抗式	-2500~10000
LLD1-9	水槽液位 1-9	抵抗式	-2500~10000
LLD1-10	水槽液位 1-10	抵抗式	-2500~10000
LLD1-11	水槽液位 1-11	抵抗式	-2500~10000
LLD1-12	水槽液位 1-12	抵抗式	-2500~10000
LLD1-13	水槽液位 1-13	抵抗式	-2500~10000
LLD1-14	水槽液位 1-14	抵抗式	-2500~10000
LLD1-15	水槽液位 1-15	抵抗式	-2500~10000
LLD1-16	水槽液位 1-16	抵抗式	-2500~10000
LLD1-17	水槽液位 1-17	抵抗式	-2500~10000
LLD1-18	水槽液位 1-18	抵抗式	-2500~10000
LLD2-1	水槽液位 2-1	抵抗式	-2500~10000
LLD2-2	水槽液位 2-2	抵抗式	-2500~10000
LLD2-3	水槽液位 2-3	抵抗式	-2500~10000
LLD2-4	水槽液位 2-4	抵抗式	-2500~10000
LLD2-5	水槽液位 2-5	抵抗式	-2500~10000
LLD2-6	水槽液位 2-6	抵抗式	-2500~10000
LLD2-7	水槽液位 2-7	抵抗式	-2500~10000
LLD2-8	水槽液位 2-8	抵抗式	-2500~10000
LLD2-9	水槽液位 2-9	抵抗式	-2500~10000
LLD2-10	水槽液位 2-10	抵抗式	-2500~10000
LLD2-11	水槽液位 2-11	抵抗式	-2500~10000
LLD3-1	水槽液位 3-1	抵抗式	-2500~10000
LLD3-2	水槽液位 3-2	抵抗式	-2500~10000
LLD3-3	水槽液位 3-3	抵抗式	-2500~10000
LLD3-4	水槽液位 3-4	抵抗式	-2500~10000
LLD3-5	水槽液位 3-5	抵抗式	-2500~10000
LLD3-6	水槽液位 3-6	抵抗式	-2500~10000
LLD3-7	水槽液位 3-7	抵抗式	-2500~10000
LLD3-8	水槽液位 3-8	抵抗式	-2500~10000
LLD3-9	水槽液位 3-9	抵抗式	-2500~10000
LLD3-10	水槽液位 3-10	抵抗式	-2500~10000

表3. 2 計測リスト(その4)

T A G	名 称	仕 様	レ ン ジ
LLD3-11	水槽液位 3-11	抵抗式	-2500~10000
PE-130-CV	透明水槽微差圧 (下)	静電容量式	0~2000mmH ₂ O
PE-131-CV	透明水槽微差圧 (上)	静電容量式	0~2000mmH ₂ O
LE-103-CV	透明水槽微差圧 (上側)	静電容量式	400~1000mmH ₂ O
LE-104-CV	透明水槽微差圧 (下側)	静電容量式	400~1000mmH ₂ O
PE-104-CV	透明水槽衝撃力 1	歪ゲージ	0~100kg/cm ² G
PE-105-CV	透明水槽衝撃力 2	歪ゲージ	0~200kg/cm ² G
PE-106-CV	透明水槽衝撃力 3	歪ゲージ	0~200kg/cm ² G
PE-111-CV	透明水槽衝撃力 2	ピエゾ式	0~5000PSI
PE-112-CV	透明水槽衝撃力 3	ピエゾ式	0~5000PSI
PE-110-CV	透明水槽衝撃力 4	ピエゾ式	0~5000PSI
TE-0500-SV1	透明水槽水温	TYPE K	0~300°C
TE-0500-SV	透明水槽水温 LT+0500	TYPE K	0~400°C
TE-0300-SV2	透明水槽水温 2 TC16	TYPE K	0~1200°C
PE-113-CV	格納容器衝撃圧力 1	ピエゾ式	0~100PSI
PE-114-CV	格納容器衝撃圧力 2	ピエゾ式	0~250PSI
PE-103-CV	格納容器衝撃圧力	ピエゾ式	0~500PSI
BO-101-CV	透明水槽ボイド率 (下)	光学式	0~10
BO-102-CV	透明水槽ボイド率 (上)	光学式	0~10
TE-R000-SV	鋼製水槽容器水温 (1)	TYPE K	0~200°C
TE-R180-SV	鋼製水槽容器水温 (2)	TYPE K	0~200°C
TE-0100-SV	鋼製容器水温 LE+100	TYPE K	0~400°C
TE-0350-SV	鋼製容器水温 LE+350	TYPE K	0~400°C
TE-0650-SV	鋼製容器水温 LE+650	TYPE K	0~400°C
TE-0950-SV	鋼製容器水温 LE+950	TYPE K	0~400°C
LE-102-CV	鋼製容器水位	静電容量式	0~1000mmH ₂ O
ME-702-AE	格納容器湿度	半導体式	0~100%RH
FE-603-NL	保護容器入口N ₂ ライン流量	面積式	0~800Nm ³ /Hr
PE-605-NL	保護容器入口N ₂ 元圧	面積式	0~50kg/cm ² G
PE-102-CV	鋼製容器衝撃力	歪ゲージ	0~500PSI
TE-960	保護容器N ₂ 入口温度	TYPE K	0~300°C
TE-915	保護容器ガス温度	TYPE K	0~300°C
PT-915	保護容器圧力	静電容量式	0~1kg/cm ²
FT-915	保護容器N ₂ 供給流量 1	オリフイス	0~50Nm ³ /Hr
FT-916	保護容器N ₂ 供給流量 2	オリフイス	0~10Nm ³ /Hr
TE-912	保護容器ケーブル貫通部温度	TYPE K	0~1200°C
TE-913	保護容器ケーブル貫通部温度	TYPE K	0~700°C
TE-952	保護容器温度	TYPE K	0~700°C
PI-920	保護容器圧力	静電容量式	0~3.49kg/cm ² G

表3. 2 計測リスト (その5)

T A G	名 称	仕 様	レ ン ジ
TG-924	保護容器圧O ₂ 濃度	O ₂ メ-タ	0~25%
TAE020-270-CV3	保護容器内雰囲気温度	TYPE K	0~700°C
TBE-40-CV2	コンクリート容器Ⅱ 低部温度 (1)	TYPE K	0~1200°C
TBE-20-CV2	コンクリート容器Ⅱ 低部温度 (2)	TYPE K	0~1200°C
TBE-20-000-CV2	コンクリート容器Ⅱ 低部温度 (3)	TYPE K	0~1200°C
TBE-20-090-CV2	コンクリート容器Ⅱ 低部温度 (4)	TYPE K	0~1200°C
TBE-20-180-CV2	コンクリート容器Ⅱ 低部温度 (5)	TYPE K	0~1200°C
TBE-20-270-CV2	コンクリート容器Ⅱ 低部温度 (6)	TYPE K	0~1200°C
TWE-020-000-CV2	コンクリート容器Ⅱ 壁温度 (1)	TYPE K	0~1200°C
TWE-020-090-CV2	コンクリート容器Ⅱ 壁温度 (2)	TYPE K	0~1200°C
TWE-020-180-CV2	コンクリート容器Ⅱ 壁温度 (3)	TYPE K	0~1200°C
TWE-020-270-CV2	コンクリート容器Ⅱ 壁温度 (4)	TYPE K	0~1200°C
TBE-05-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-20-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-35-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-50-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-65-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-80-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-05-000-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-20-000-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-35-000-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-50-000-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-65-000-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-80-000-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-05-090-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-20-090-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-35-090-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-50-090-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-65-090-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-80-090-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TWE020-000-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TWE-20-045-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-150-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~700°C
TWE020-090-CV3	コンクリート容器内温度	TYPE K	0~700°C
TWE-20-135-CV3	コンクリート容器内温度	TYPE K	0~700°C
TWE020-270-CV3	コンクリート容器内温度	TYPE K	0~700°C
TWE-20-315-CV3	コンクリート容器内温度	TYPE K	0~700°C
TXE020-270-CV3	コンクリート容器外側温度	TYPE K	0~700°C
TXE-180-000-CV3	コンクリート容器外側温度	TYPE K	0~700°C

表3. 2 計測リスト (その6)

T A G	名 称	仕 様	レ ン ジ
TXE-180-090-CV3	コンクリート容器外側温度	TYPE K	0~700°C
TXE-180-180-CV3	コンクリート容器外側温度	TYPE K	0~700°C
TXE-180-270-CV3	コンクリート容器外側温度	TYPE K	0~700°C
TBE-05-180-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TEB-20-180-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-35-180-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-50-180-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-65-180-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-80-180-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-05-270-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-20-270-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-35-270-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-50-270-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-65-270-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TBE-80-270-CV3	コンクリート内温度	TYPE K	0~1200°C
TWE020-180-CV3	コンクリート容器内温度	TYPE K	0~700°C
TWE-20-225-CV3	コンクリート容器内温度	TYPE K	0~700°C
XT-911	コンクリート反応CO濃度 2	COメータ	0~500
XT-910	コンクリート反応CO濃度 1	COメータ	0~1
TE-1-MCCI	熔融金属内温度 1	TYPE K	0~1200°C
TE-2-MCCI	熔融金属内温度 2	TYPE K	0~1200°C
TE-3-MCCI	熔融金属内温度 3	TYPE K	0~1200°C
TE-4-MCCI	熔融金属内温度 4	TYPE K	0~1200°C
TE-5-MCCI	熔融金属内温度 5	TYPE K	0~1200°C
TE-6-MCCI	熔融金属内温度 6	TYPE K	0~1200°C
TE-7-MCCI	熔融金属内温度 7	TYPE K	0~1200°C
TE-8-MCCI	熔融金属内温度 8	TYPE K	0~1200°C
TE-9-MCCI	熔融金属内温度 9	TYPE K	0~1200°C
TE-10-MCCI	熔融金属内温度 1 0	TYPE K	0~1200°C
TE-11-MCCI	熔融金属内温度 1 1	TYPE K	0~1200°C
TE-12-MCCI	熔融金属内温度 1 2	TYPE K	0~1200°C
TE-21-MCCI	熔融金属内温度 1 3 (Rタイプ)	TYPE R	0~2000°C
TE-22-MCCI	熔融金属内温度 1 4 (Rタイプ)	TYPE R	0~2000°C
TE-916	熔融金属温度 1	TYPE B	0~2000°C
TE-917	熔融金属温度 2	TYPE B	0~2000°C
TE-918	熔融金属温度 3	TYPE B	0~2000°C
TE-932	熔融金属温度 (下)	TYPE R	600~1600°C
TE-930	熔融金属温度 (上)	TYPE K	0~1200°C
TE-931	熔融金属温度 (中)	TYPE B	0~2000°C

表3. 2 計測リスト(その7)

T A G	名 称	仕 様	レ ン ジ
TE-933	熔融金属温度 (放射温度計)	放射温度計	600~1500°C
TE-180	熔融金属温度 1 1 5 度	TYPE B	0~2000°C
TE-181	熔融金属温度 2 3 4 5 度	TYPE B	0~2000°C
TBE-0060-LV	熔融物保持容器温度 (1)	TYPE K	0~1200°C
TBE-0120-LV	熔融物保持容器温度 (2)	TYPE K	0~1200°C
TWE-0030-LV	熔融物保持容器温度 (1)	TYPE K	0~1200°C
TWE-0060-LV	熔融物保持容器温度 (2)	TYPE K	0~1200°C
TWE-0120-LV	熔融物保持容器温度 (3)	TYPE K	0~1200°C
TCE-0300-LV	熔融物保持容器冷却材温度 (1)	TYPE K	0~300°C
TCE-0350-LV	熔融物保持容器冷却材温度 (2)	TYPE K	0~300°C
TCE-0400-LV	熔融物保持容器冷却材温度 (3)	TYPE K	0~300°C
TBE-0030-MV	熔融物保持容器温度 (1) B T Y P E	TYPE B	0~2000°C
TBE-0060-MV	熔融物保持容器温度 (1) B T Y P E	TYPE B	0~2000°C
TBE-0120-MV	熔融物保持容器温度 (2) B T Y P E	TYPE B	0~2000°C
TWE-0030-MV	熔融物保持容器温度 (1)	TYPE K	0~1200°C
TWE-0060-MV	熔融物保持容器温度 (2)	TYPE K	0~1200°C
TWE-0120-MV	熔融物保持容器温度 (3)	TYPE K	0~1200°C
TWE-0400-MV	熔融物保持容器温度 (4)	TYPE K	0~1200°C
TWE-0450-MV	熔融物保持容器温度 (5)	TYPE K	0~1200°C
TCE-0300-MV	熔融物保持容器冷却材温度 (1)	TYPE K	0~300°C
TCE-0350-MV	熔融物保持容器冷却材温度 (2)	TYPE K	0~300°C
TCE-0400-MV	熔融物保持容器冷却材温度 (3)	TYPE K	0~300°C
TCE-0450-MV	熔融物保持容器冷却材温度 (4)	TYPE K	0~300°C
TE-31-MCCI	熔融ルツボ温度 (1)	TYPE K	0~700°C
TE-32-MCCI	熔融ルツボ温度 (2)	TYPE K	0~700°C
TE-33-MCCI	熔融ルツボ温度 (3)	TYPE K	0~700°C
TE-34-MCCI	熔融ルツボ温度 (4)	TYPE K	0~700°C
TR-SW-01	テルミット点火指令 (ヒータ)	リレ-信号	-2500~10000
TR-SW-02	テルミット点火信号	リレ-信号	-2500~10000
TR-SW-03	テルミット反応信号	リレ-信号	-2500~10000
TR-SW-04	テルミット投火指令	リレ-信号	-2500~10000
TR-SW-05	テルミット投火信号	リレ-信号	-2500~10000
TR-SW-06	テルミット落下完了	リレ-信号	-2500~10000
TR-SW-07	A O V 1 0 1 閉信号	リレ-信号	-2500~10000
TE-110-CV	テルミット 1 容器壁温度 (180°)	TYPE K	0~700°C
TE-111-CV	テルミット 2 容器壁温度 (270°)	TYPE K	0~700°C
TE-112-CV	テルミット 3 容器壁温度 (045°)	TYPE K	0~700°C
TE-113-CV	テルミット 4 容器上蓋温度	TYPE K	0~700°C
TE-114-CV	テルミット雰囲気温度	TYPE K	0~700°C

表 3. 2 計測リスト (その 8)

T A G	名 称	仕 様	レ ン ジ
TE-150	投下容器雰囲気温度 1 内壁 90 度	TYPE K	0~700°C
TE-151	投下容器雰囲気温度 2 270 度	TYPE K	0~700°C
TE-152	投下容器雰囲気温度 3 90 度	TYPE K	0~700°C
TE-153	投下容器雰囲気温度 4 上側	TYPE K	0~700°C
TE-154	投下容器雰囲気温度 5 内壁 0 度	TYPE K	0~700°C
TE-157	投下容器外壁温度 1 上部	TYPE K	0~700°C
TE-158	投下容器外壁温度 2 ノズル部	TYPE K	0~700°C
TE-159	投下容器外壁温度 3 フランジ部	TYPE K	0~700°C
TE-570	投下容器冷却水入口温度	TYPE K	0~700°C
TE-571	投下容器コイル出口温度	TYPE K	0~700°C
TE-572	投下容器フランジ冷却水温度	TYPE K	0~700°C
TE-573	投下容器ノズル冷却水出口温度	TYPE K	0~700°C
FIS-571	投下容器コイル冷却水流量	面積式	0~10m ³ /Hr
TE-155	水プール水温 (900mm)	TYPE K	0~700°C
TE-156	水プール水温 (1000mm)	TYPE K	0~700°C
TR-SW-09	非加熱容器テルミット点火信号	リレ-番号	0~8600
TWE-0001-LV	小型非加熱容器側壁温度	TYPE K	0~700°C
TWE-0002-LV	小型非加熱容器低部温度	TYPE K	0~700°C
TBE-0001-LV	小型非加熱容器内部温度 R0	TYPE K	0~700°C
TBE-0002-LV	小型非加熱容器低部温度 R80	TYPE K	0~700°C
TBE-0003-LV	小型非加熱容器低部温度 R160	TYPE K	0~700°C
TBE-0004-LV	小型非加熱容器低部温度 R1	TYPE K	0~700°C
TWE-0025-MV	中型非加熱容器壁温度下 LE+025	TYPE K	0~1200°C
TWE-0050-MV	中型非加熱容器壁温度中 LE+050	TYPE K	0~1200°C
TWE-0100-MV	中型非加熱容器壁温度上 LE+100	TYPE K	0~1200°C
TWE-0350-MV	中型非加熱容器水温下 LE+350	TYPE K	0~1200°C
TWE-0450-MV	中型非加熱容器水温上 LE+450	TYPE K	0~1200°C
TWE-0120-LV	大型非加熱容器壁温度上 LE+120	TYPE K	0~1200°C
TWE-0400-LV	大型非加熱容器水温下 LE+400	TYPE K	0~1200°C
TWE-0450-LV	大型非加熱容器水温上 LE+450	TYPE K	0~1200°C
TE-183	ルツボ表面温度 1 180 度	TYPE B	0~2000°C
TE-184	ルツボ表面温度 2 285 度	TYPE B	0~2000°C
TE-185	ルツボ表面温度 3 75 度	TYPE B	0~2000°C
TIC-750	ウエットベースカスケード温度	TYPE K	0~700°C
TI-751	ウエットベースカスケード出口温度 1	TYPE K	0~700°C
TI-752	ウエットベースカスケード出口温度 2	TYPE K	0~700°C
TI-753	ウエットベースカスケード出口温度 3	TYPE K	0~700°C
TI-754	ウエットベースカスケード出口温度 4	TYPE K	0~700°C
TI-755	ウエットベースカスケード出口温度 5	TYPE K	0~700°C

表3. 2 計測リスト(その9)

T A G	名 称	仕 様	レ ン ジ
TE-920	雰囲気採取凝縮器 A 入口温度	TYPE K	0~700℃
TE-921	雰囲気採取凝縮器 A フィルター出口温度	TYPE K	0~700℃
TE-925	雰囲気採取凝縮器 B 入口温度	TYPE K	0~700℃
TE-926	雰囲気採取凝縮器 B フィルター出口温度	TYPE K	0~700℃
TIS-330	熱水注水ライン外壁温度	TYPE K	0~700℃
TI-711	SCV-1 放出ライン流体温度 (1)	TYPE K	0~700℃
TI-712	SCV-1 放出ライン流体温度 (2)	TYPE K	0~700℃
TI-160	大気放出ライン温度	TYPE K	0~700℃
DPI-921	ダスト捕集器差圧	オリフイス	0~2.14kg/cm ² G
FE-602-NL	N ₂ ガス注入流量	オリフイス	0~2000mmH ₂ O
FE-701A-AE	放出系流量 (大)	オリフイス	0~4000Nm ³ /Hr
FE-701B-AE	放出系流量 (小)	オリフイス	0~350Nm ³ /Hr
TI-756	ウエットベース恒温水槽出口温度	TYPE K	0~700℃
TIC-757	ウエットベース高圧配管表面温度	TYPE K	0~700℃
TE-701	フィルター上流側温度	TYPE K	0~700℃
TE-702	フィルター下流側温度	TYPE K	0~700℃
TE-902	凝縮水タンク温度	TYPE K	0~700℃
TI-901	排水熱交温度	TYPE K	0~700℃
LIS-155	水プール水位	静電容量式	0~1500mmH ₂ O
LI-928	凝縮水採取ポット水位	静電容量式	0~1000mmH ₂ O
FIC-921	雰囲気採取フィルター A 出口流量	マスフローメータ	0~500mmH ₂ O
FIC-926	雰囲気採取フィルター B 出口流量	マスフローメータ	0~500mmH ₂ O
PI-703	凝縮水タンク入口配管圧力	静電容量式	0~5kg/cm ² G
PIC-920	雰囲気採取凝縮器 A 入口圧力	静電容量式	-0.9~10kg/cm ² G
PIC-925	雰囲気採取凝縮器 B 入口圧力	静電容量式	-0.9~10kg/cm ² G
PIC-921	雰囲気採取フィルター A 出口圧力	静電容量式	-0.9~5kg/cm ² G
PIC-926	雰囲気採取フィルター B 出口圧力	静電容量式	-0.9~5kg/cm ² G
PI-751	ウエットベースカスケード 出口圧力	静電容量式	0~20kg/cm ² G
PIC-752	ウエットベース恒温水槽入口圧力	静電容量式	0~10kg/cm ² G
FIC-751	ウエットベースポンプ 入口流量	マスフローメータ	0~50
FIC-752	ウエットベースポンプ 入口流量	マスフローメータ	0~200
TE-919	AEノズル温度	TYPE K	0~700℃
DPE-701-AE	フィルター差圧	オリフイス	0~1000mmH ₂ O
FI-917	発生ガス流量	オリフイス	0~80Nm ³ /Hr
PT-914	発生ガス圧力	静電容量式	0~1kg/cm ² G
PIA-1	恒温槽内配管圧力	静電容量式	-200~200
PIA-2	真空ポンプ入口圧力	静電容量式	-760~0
ME-901	エアロゾル露点温度	露点計	-30~10%RH
DPI-913	ダスト捕集器差圧	オリフイス	0~1kg/cm ² G

表3. 2 計測リスト(その10)

T A G	名 称	仕 様	レ ン ジ
XT-912	エアロゾル配管酸素濃度	O2メータ	0~25
FIC-1	希釈器N ₂ 流量	マスフローメータ	0~50
FIC-2	フィルター2 出口流量	マスフローメータ	0~30
FIC-3	フィルター1 出口流量	マスフローメータ	0~30
FIC-4	サンプル容器出口流量	マスフローメータ	0~5
FIC-5	ガスバイパス流量	マスフローメータ	0~30
TE-702-AE	フィルター下流温度	TYPE K	0~300°C
PE-702-AE	フィルター下流側圧力	静電容量式	0~5kg/cm ² G
TE-914	発生ガス温度	TYPE K	0~400°C
TICA-1	サイクロン温度	TYPE K	0~400°C
TICA-2	希釈器温度	TYPE K	0~400°C
TICA-3	恒温槽温度	TYPE K	0~400°C
TICA-4	フィルター出口温度	TYPE K	0~400°C
TE-950	高周波コイル冷却水入口温度	TYPE K	0~300°C
TE-951	高周波コイル冷却水出口温度	TYPE K	0~300°C
FIS-912	高周波コイル冷却水量	面積式	0~10m ³ /Hr
WE-900	高周波加熱電力	電力計	0~200kw
TG-923	CO濃度2次側	COメータ	0~500ppm
TG-922	CO濃度1次側	COメータ	0~1%
PE-801-LT	大リーク容器高圧側圧力	静電容量式	0~30kg/cm ² G
WE-801-LT	大リーク容器ヒーター電力	電力計	0~80kw
TE-801-LT	大リーク容器高圧側温度	TYPE K	0~300°C
TE-802-LT	大リーク容器ヒーター表面温度	TYPE K	0~700°C
TE-803-LT	大リーク容器 容器表面温度 下	TYPE K	0~700°C
TE-804-LT	リークライン温度	TYPE K	0~700°C
TE-805-LT	小リーク容器表面温度	TYPE K	0~700°C
TE-806-LT	大リーク容器 容器表面温度 上	TYPE K	0~700°C
TE-807-LT	大リーク容器 容器表面温度 鏡板	TYPE K	0~700°C
TE-808-LT	小リーク容器高圧側温度	TYPE K	0~1200°C
TE-809-LT	LTV-2 蒸気供給ライン表面温度 TE-1	TYPE K	0~700°C
TE-810-LT	小型リーク 壁面	TYPE K	0~700°C
TE-811-LT	小型リーク 雰囲気	TYPE K	0~700°C
TE-812-LT	小型リーク 保温材表面	TYPE K	0~700°C
TE-813-LT	小型リーク 保温材表面	TYPE K	0~700°C
TE-814-LT	小型リーク 保温材表面	TYPE K	0~700°C
FE-801-LT	リーク流量 (大)	オリフイス	0~1m ³ /Hr
FE-802-LT	露点計キャリアガス流量	オリフイス	0~20Nm ³ /Hr
WE-802-LT	小リーク容器ヒーター電力	電力計	0~4kw
FE-804-LT	リーク試験容器流入蒸気流量	オリフイス	0~60Nm ³ /Hr

表3. 2 計測リスト (その11)

T A G	名 称	仕 様	レ ン ジ
PE-802-LT	小リーク容器高圧側圧力	静電容量式	0~30kg/cm ² G
PE-803-LT	リーク容器低圧側圧力	静電容量式	0~30kg/cm ² G
PE-805-LT	電線貫通部端板間圧力	静電容量式	0~30kg/cm ² G
ME-801-LT	リーク試験 露点計	露点計	-30~10°C
ST-MB01-LTV1	高圧側端板歪 N o 4 0	歪ゲージ	0~ με
ST-MB02-LTV1	高圧側磁気金具歪 N o 3 1	歪ゲージ	0~ με
ST-MB03-LTV1	高圧側端板歪 N o 4 2	歪ゲージ	0~ με
ST-MB04-LTV1	高圧側磁気金具歪 N o 3 7	歪ゲージ	0~ με
ST-M01-LTV1	連結棒歪 (1)	歪ゲージ	0~ με
ST-M02-LTV1	連結棒歪 (2)	歪ゲージ	0~ με
ST-LUP01-LTV21	供試体 I 上部金具周方向歪 (1)	歪ゲージ	0~ με
ST-LUP02-LTV21	供試体 I 上部金具周方向歪 (2)	歪ゲージ	0~ με
ST-LUP03-LTV21	供試体 I 上部金具周方向歪 (3)	歪ゲージ	0~ με
ST-LUP04-LTV21	供試体 I 上部金具周方向歪 (4)	歪ゲージ	0~ με
ST-LMD01-LTV21	供試体 I 中間金具周方向歪	歪ゲージ	0~ με
ST-LMD02-LTV21	供試体 I 中間金具軸方向歪	歪ゲージ	0~ με
TE-MB01-LTV-1	高圧側端板内側表面温度 N o 2 6	TYPE K	0~700°C
TE-820-LTV2	LTV-2 高圧容器内鏡板雰囲気温度	TYPE K	0~700°C
TE-821-LTV2	LTV-2 高圧容器内雰囲気温度 1	TYPE K	0~700°C
TE-822-LTV2	LTV-2 高圧容器内雰囲気温度 2	TYPE K	0~1200°C
TE-823-LTV2	LTV-2 高圧容器内雰囲気温度 3	TYPE K	0~1200°C
TE-824-LTV2	LTV-2 高圧容器内雰囲気温度 4	TYPE K	0~1200°C
TE-825-LTV2	LTV-2 低圧容器外壁温度	TYPE K	0~1200°C
TE-826-LTV2	LTV-2 蒸気供給ライン温度 1	TYPE K	0~1200°C
TE-827-LTV2	LTV-2 蒸気供給ライン温度 2	TYPE K	0~1200°C
TE-828-LTV2	LTV-2 蒸気供給ライン温度 3	TYPE K	0~1200°C
TE-929-LTV2	LTV-2 蒸気供給ライン温度 4	TYPE K	0~1200°C
TE-M01-LTV1	端板間ケーブル表面温度 N o 2 6	TYPE K	0~700°C
TE-M02-LTV1	端板間ガス温度	TYPE K	0~700°C
TE-EX02-LTV1	低圧側ケーブル表面外側温度 N o 2 3	TYPE K	0~700°C
TE-IN01-LTV1	高圧側端板外側表面温度 N o 2 7	TYPE K	0~700°C
TE-IN02-LTV1	高圧側端板外側表面温度 N o 4	TYPE K	0~700°C
TE-IN03-LTV1	高圧側ケーブル導体外側温度 N o 2 6	TYPE K	0~700°C
TE-IN04-LTV1	高圧側シリコン外側温度 N o 2 6	TYPE K	0~700°C
TE-IN05-LTV1	高圧側エポキシ外側表面温度 N o 2 6	TYPE K	0~700°C
TE-EX01-LTV1	低圧側ケーブル導体外側温度 N o 2 6	TYPE K	0~700°C
TE-EX03-LTV1	低圧側ケーブル先端温度 N o 2 6	TYPE K	0~700°C
TE-HPA01-LTV21	供試体 I 高圧側仕切板表面温度	TYPE K	0~700°C
TE-LPA01-LTV21	供試体 I 低圧側仕切板表面温度	TYPE K	0~700°C

表3. 3 制御用計測器一覧(その1)

計測器番号	計測項目	仕様	計測範囲	用途
FT-201-SL	蒸気発生器出口流量	オリフイス	0~500kg/hr	制御・監視
FT-301-IL	注水流量(大)	渦式	0~10Nm ³ /hr	制御・監視
FT-302-IL	注水流量(小)	オリフイス	0~2Nm ³ /hr	制御・監視
FT-602-NL	N ₂ ガス流量(タ)	オリフイス	0~800Nm ³ /hr	制御・監視
FT-701A-AE	エア流量(タ)	渦式	0~400Nm ³ /hr	制御・監視
FT-701B-AE	エア流量(小)	渦式	0~350Nm ³ /hr	制御・監視
FT-801-LT	リーク試験器出口N ₂ ガス流量	面積式	0.1~1Nm ³ /hr	制御・監視
FT-802-LT	リーク試験器出口N ₂ ガス流量	面積式	0~20Nm ³ /hr	制御・監視
FIS-303-IL	注水流量	面積式	0~5Nm ³ /hr	制御・監視
FIS-304-IL	注水流量	面積式	0.05~0.5Nm ³ /hr	制御・監視
FIS-402-PW	給水流量	面積式	0~2Nm ³ /hr	制御・監視
FT-404-PW	蒸気発生器入口冷却水流量	オリフイス	0~1Nm ³ /hr	制御・監視
FI-803-LT	露点計入口ガス流量	面積式	0.05~0.5Nm ³ /hr	現場監視
FI-401-PW	純水製造出口流量	面積式	0~2Nm ³ /hr	現場監視
FI-403-PW	補助給水側入口流量	面積式	0~10Nm ³ /hr	現場監視
FI-405-PW	排水熱交換器入口流量	面積式	0~10Nm ³ /hr	現場監視
FI-901-XL	純水製造装置入口過水流量	面積式	0~10Nm ³ /hr	現場監視

表3. 3 制御用計測器一覧(その2)

計測器番号	計測項目	仕様	計測範囲	用途
PT-101-CV	格納容器圧力	静電容量式	0~30kg/cm ² G	制御・監視
PT-201-SL	蒸気発生器圧力	静電容量式	0~30kg/cm ² G	制御・監視
PT-604-NL	N ₂ ガス圧力(タンスローク)	静電容量式	0~50kg/cm ² G	制御・監視
DPT-701-AE	工大型ソーク試験容器差圧	静電容量式	0~1mH ₂ O	制御・監視
PT-801-LT	小型ソーク試験容器高圧側圧力	静電容量式	0~30kg/cm ² G	制御・監視
PT-802-LT	小型ソーク試験容器高圧側圧力	静電容量式	0~30kg/cm ² G	制御・監視
PT-803-LT	リーク試験容器低圧側圧力	静電容量式	0~30kg/cm ² G	制御・監視
PT-302-IL	注水システムターボイン圧力	マイクロスイッチ式	0~50kg/cm ² G	制御・監視
PIA-906-XL	圧空システムターボイン圧力	マイクロスイッチ式	0~10kg/cm ² G	制御・監視
PI-202-SL	蒸気発生器圧力	ブルドン管	0~30kg/cm ² G	現場監視
PI-203-SL	過熱器出口圧力	ブルドン管	0~30kg/cm ² G	現場監視
PI-301-IL	注水ポンプ入口圧力	ブルドン管	0~30kg/cm ² G	現場監視
PI-303-IL	注水ポンプ出口圧力	ブルドン管	0~50kg/cm ² G	現場監視
PI-401-PW	純水製造装置入口圧力	ブルドン管	0~10kg/cm ² G	現場監視
PI-402-PW	給水ポンプ出口圧力	ブルドン管	0~10kg/cm ² G	現場監視
PI-403-PW	補助給水ポンプ出口圧力	ブルドン管	0~50kg/cm ² G	現場監視
PI-404-PW	補給水ポンプ出口圧力	ブルドン管	0~10kg/cm ² G	現場監視
PI-601-NL	N ₂ ガスポンプ出口圧力	ブルドン管	0~10kg/cm ² G	現場監視
PI-602-NL	N ₂ ガスポンプ出口減圧弁出口圧力	ブルドン管	0~200kg/cm ² G	現場監視
PI-804-LT	リーク試験容器N ₂ ガス供給ライン圧力	ブルドン管	0~50kg/cm ² G	現場監視
PI-901-XL	純水製造装置入口圧力	ブルドン管	0~1kg/cm ² G	現場監視
PI-902-XL	純水製造装置出口圧力	ブルドン管	0~10kg/cm ² G	現場監視
PI-904-XL	圧空システムターボイン圧力	ブルドン管	0~10kg/cm ² G	現場監視
PI-905-XL	圧空システムターボイン圧力	ブルドン管	0~10kg/cm ² G	現場監視

表3. 3 制御用計測器一覧(その3)

計測器番号	計測項目	仕様	計測範囲	用途
TE-101-CV	格納気発生容器	温度	0~300°C	制御・監視
TE-201-SL	蒸気発生器	温度	0~300°C	制御・監視
TE-203-SL	過熱水	温度	0~300°C	制御・監視
TE-303-IL	注水	温度	0~200°C	制御・監視
TE-304-IL	注水	温度	0~200°C	制御・監視
TE-702-AE	工型	温度	0~300°C	制御・監視
TE-801-LT	大型	温度	0~700°C	制御・監視
TE-802-LT	大型	温度	0~800°C	制御・監視
TE-803-LT	大型	温度	0~700°C	制御・監視
TE-804-LT	大型	温度	0~700°C	制御・監視
TE-805-LT	小型	温度	0~700°C	制御・監視
TE-806-LT	大型	温度	0~700°C	制御・監視
TE-807-LT	大型	温度	0~700°C	制御・監視
TE-808-LT	小型	温度	0~700°C	制御・監視
TE-809-LT	小型	温度	0~700°C	制御・監視
TE-815-LT	大型	温度	0~700°C	制御・監視
TE-202A-SL	蒸気発生器	温度	0~500°C	制御・監視
TE-202B-SL	蒸気発生器	温度	0~500°C	制御・監視
TE-202C-SL	蒸気発生器	温度	0~500°C	制御・監視
TE-204-SL	過熱水	温度	0~700°C	制御・監視

表3. 3 制御用計測器一覧(その4)

計測器番号	計測項目	仕様	計測範囲	用途
TE-301-IL	注水タンク水温	熱電対 (Type K)	0 ~ 200°C	制御・監視
TE-302A-IL	注水タンクヒータ表面温度1	熱電対 (Type K)	0 ~ 500°C	制御・監視
TE-302B-IL	注水タンクヒータ表面温度2	熱電対 (Type K)	0 ~ 500°C	制御・監視
TE-601-NL	注水タンク温度 (タンクローリ)	熱電対 (Type K)	0 ~ 100°C	制御・監視
TE-902-XL	N ₂ ガスライン温度	熱電対 (Type K)	0 ~ 100°C	制御・監視
TE-102-CV	凝縮水ライン温度	熱電対 (Type K)	0 ~ 300°C	制御・監視
TE-901-XL	格納容器1側入口水温	熱電対 (Type K)	0 ~ 200°C	制御・監視
TI-305-IL	排水ポンプ入口水温	ハ・イメタル式指示温度計	0 ~ 200°C	現場監視
TI-401-IL	注水ポンプ入口水温	ハ・イメタル式指示温度計	0 ~ 200°C	現場監視
LT-101-CV	格納容器液位	静電容量式	0 ~ 2mH ₂ O	制御・監視
LT-201-SL	蒸気発生器液位	静電容量式	0 ~ 2.5mH ₂ O	制御・監視
LT-301-IL	注水タンク液位	静電容量式	0 ~ 4mH ₂ O	制御・監視
LT-401-PW	純水タンク液位	静電容量式	0 ~ 3mH ₂ O	制御・監視
LT-901-XL	凝縮水タンク液位	静電容量式	0 ~ 3mH ₂ O	制御・監視
LS-202-SL	蒸気発生器液位	静電容量式	-30 ~ +10°C	制御・監視
LI-203-SL	蒸気発生器液位	静電容量式		現場監視
LI-204-SL	蒸気発生器液位	静電容量式		現場監視
ME-801-LT	リーク検出露点計	露点検出器		制御・監視
MI-901-XL	圧空製造装置湿度	露点検出器		現場監視
CI-901-XL	純水導電率	露点検出器	0 ~ 2 μS/cm	制御・監視

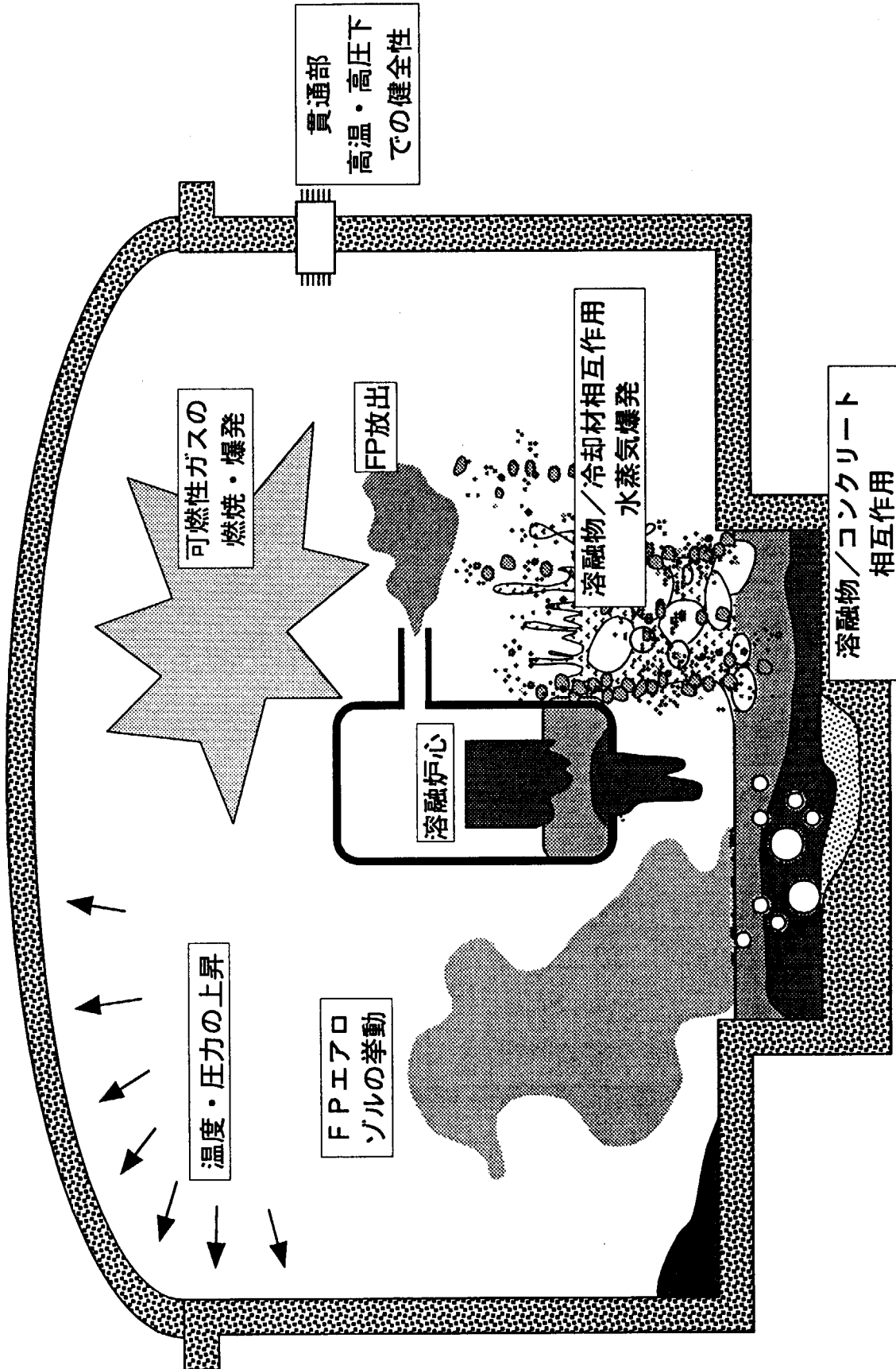


図1. 1 シビアアクシデント時に格納容器内で発生すると考えられる現象

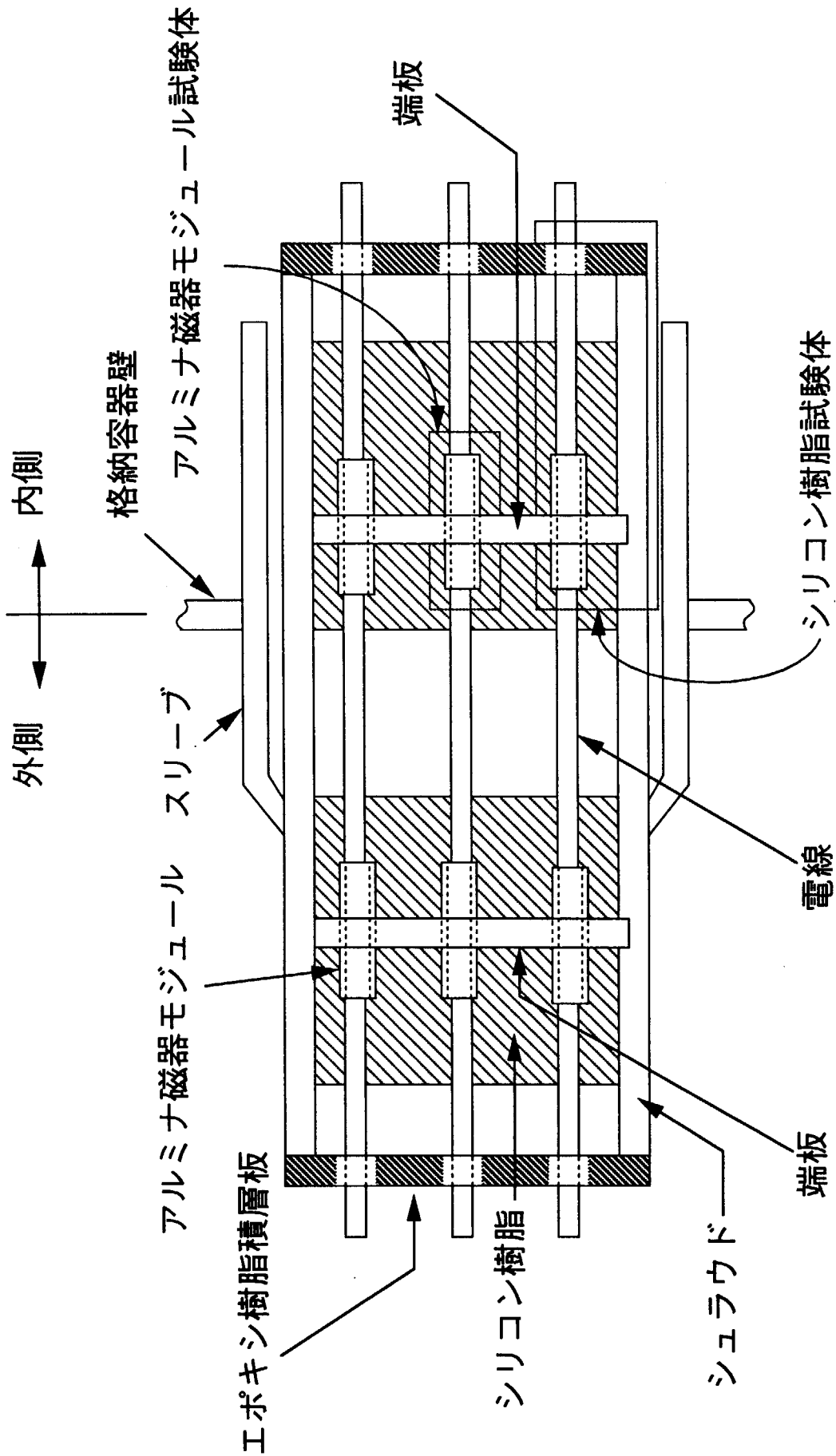


図2. 1 ALPHA計画におけるリーク定量化試験の概念

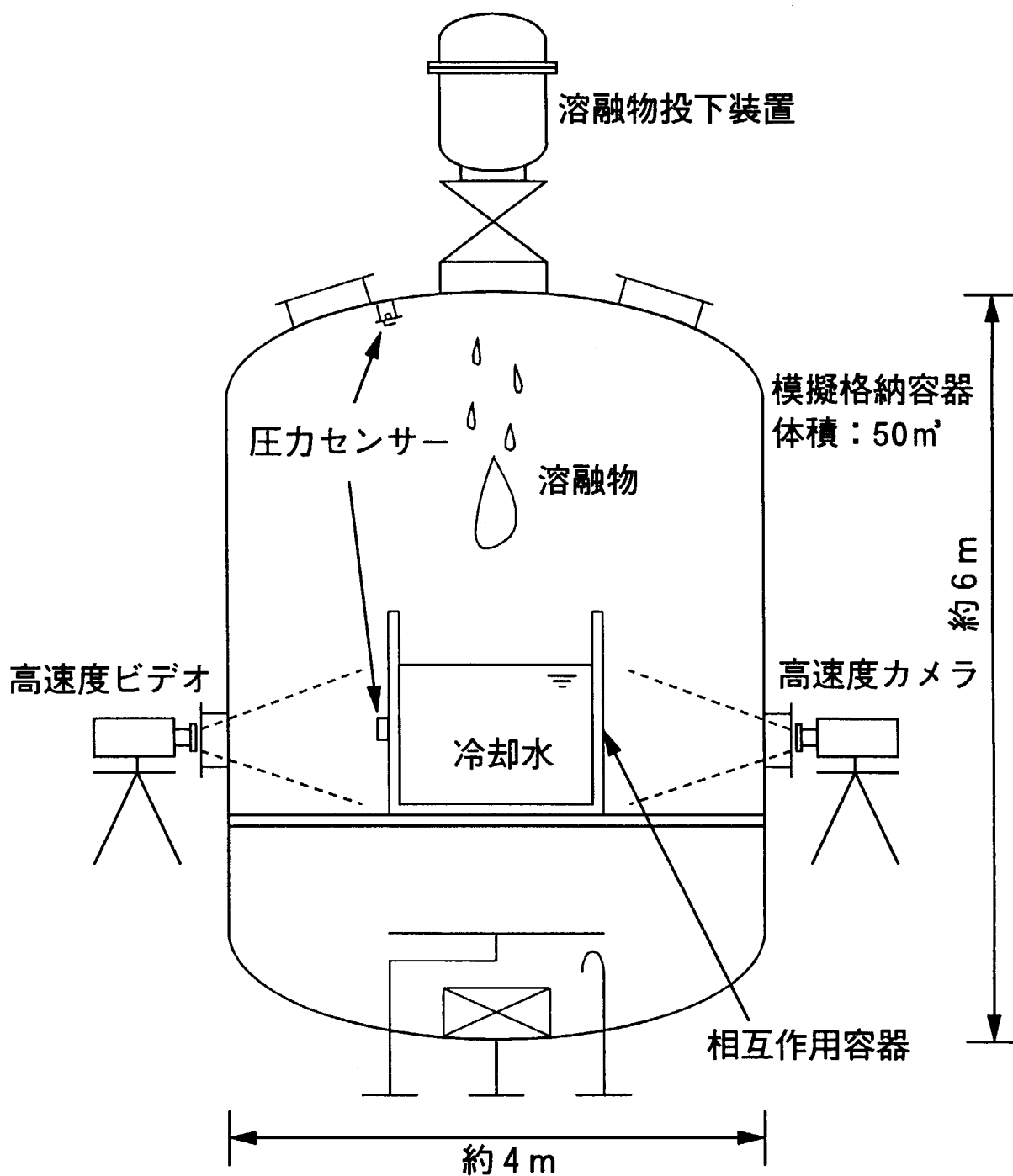


図2. 2(a) ALPHA計画におけるFCI試験の概念
(溶融物落水蒸気爆発実験)

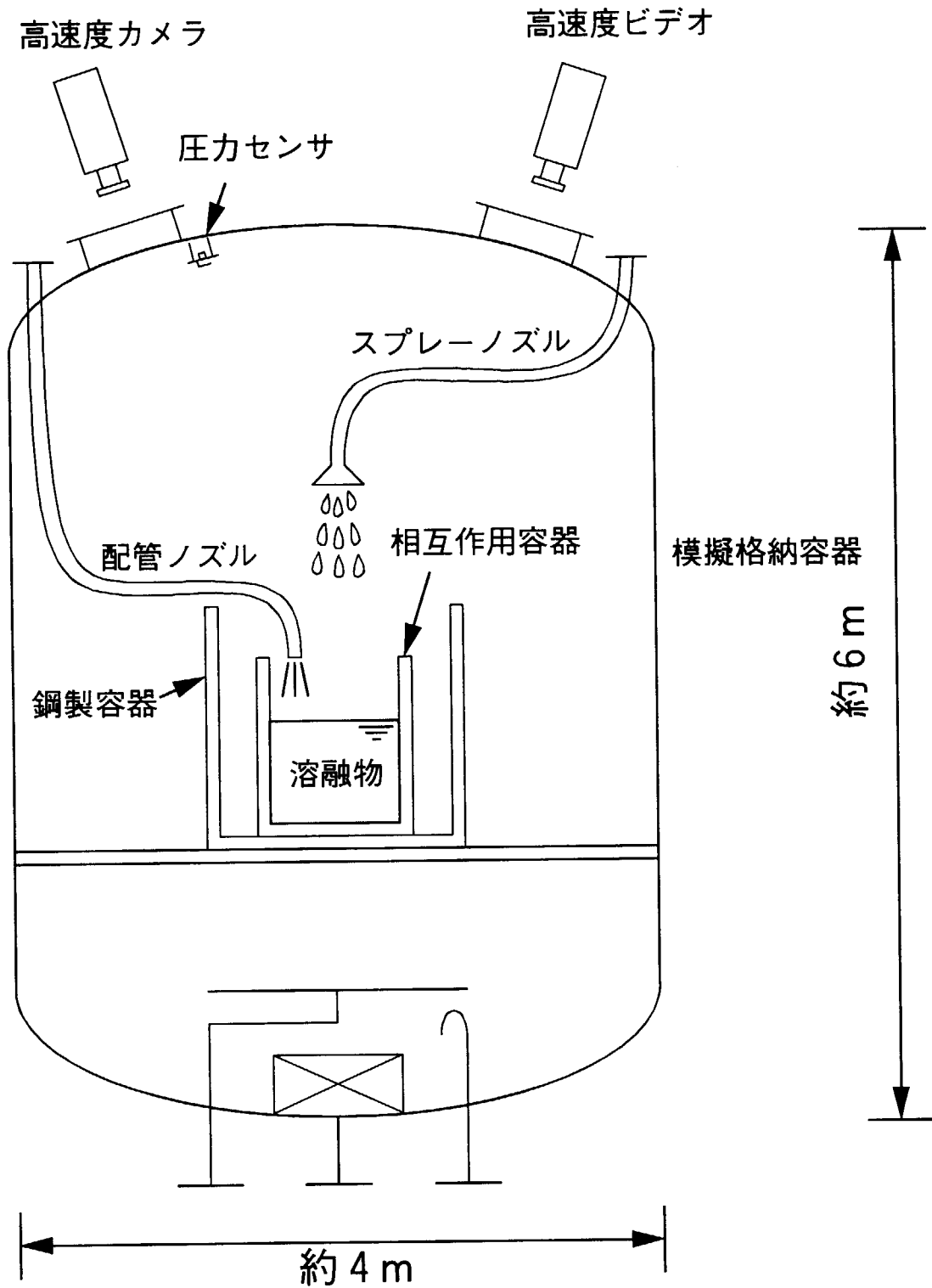


図2. 2(b) ALPHA計画におけるFCI試験の概念
(熔融物冷却性実験)

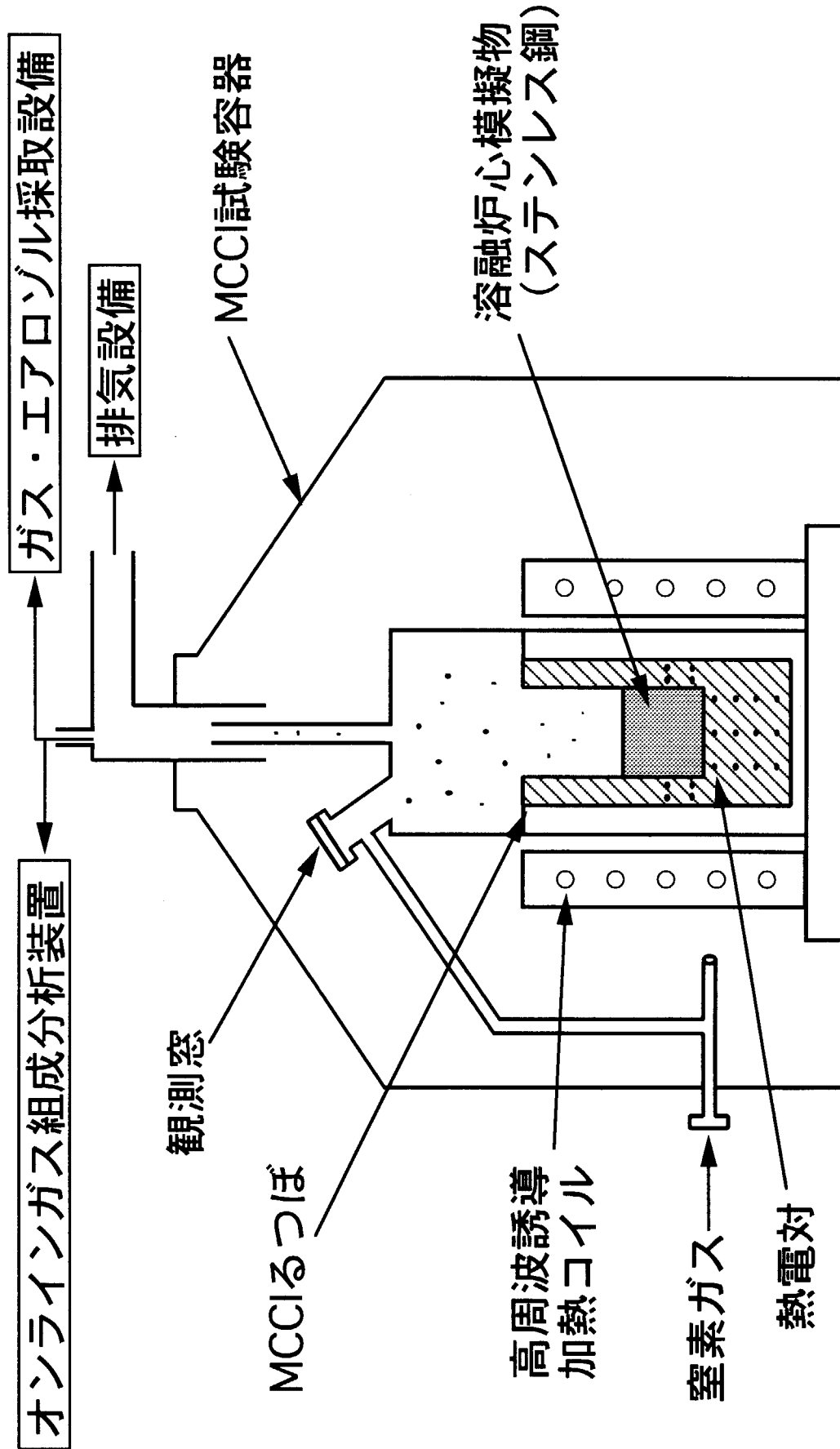


図 2. 3 ALPHA 計画における MCCI 試験の概念

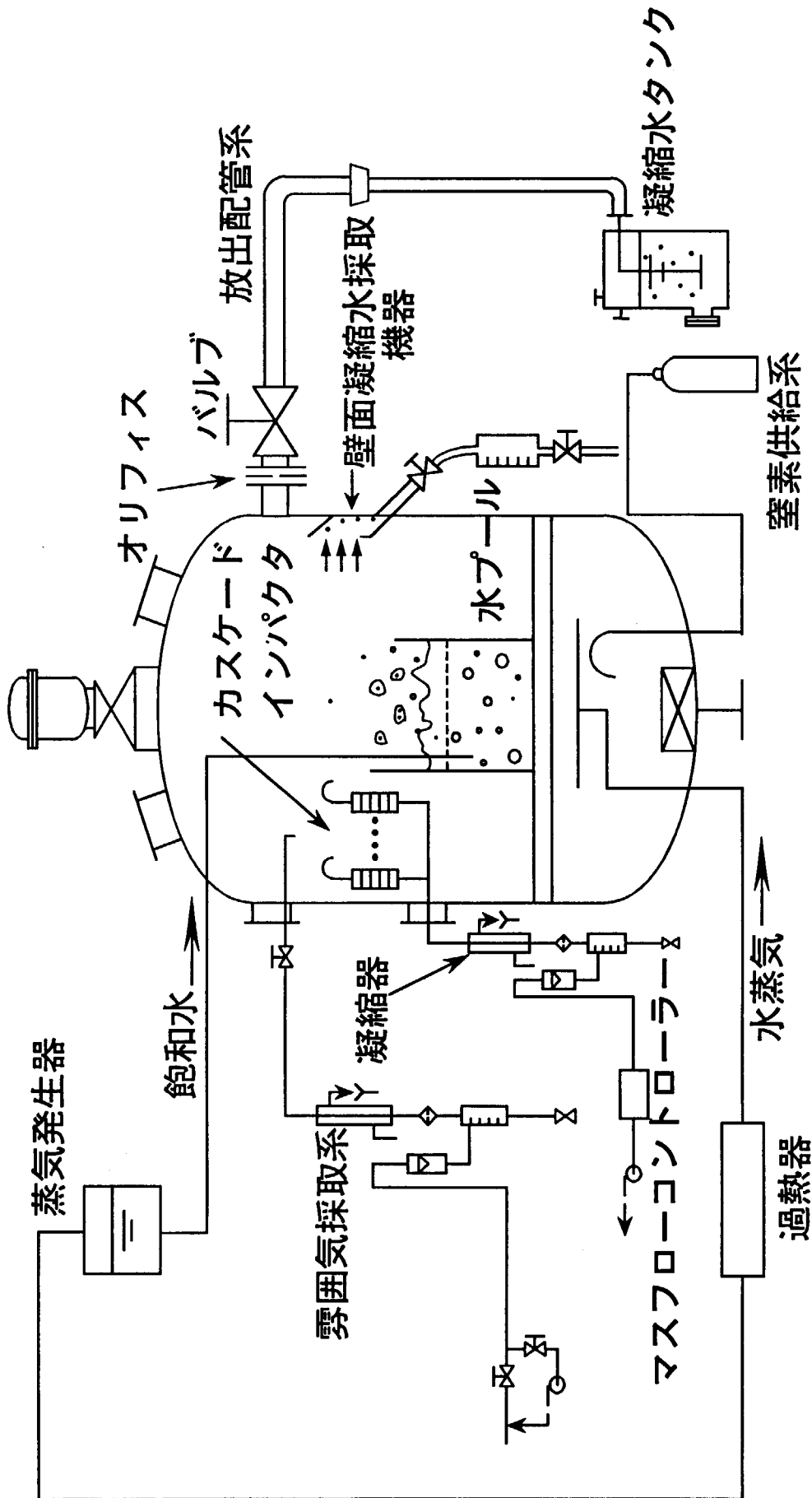


図 2. 4 ALPHA 計画におけるエアロゾル挙動試験の概念

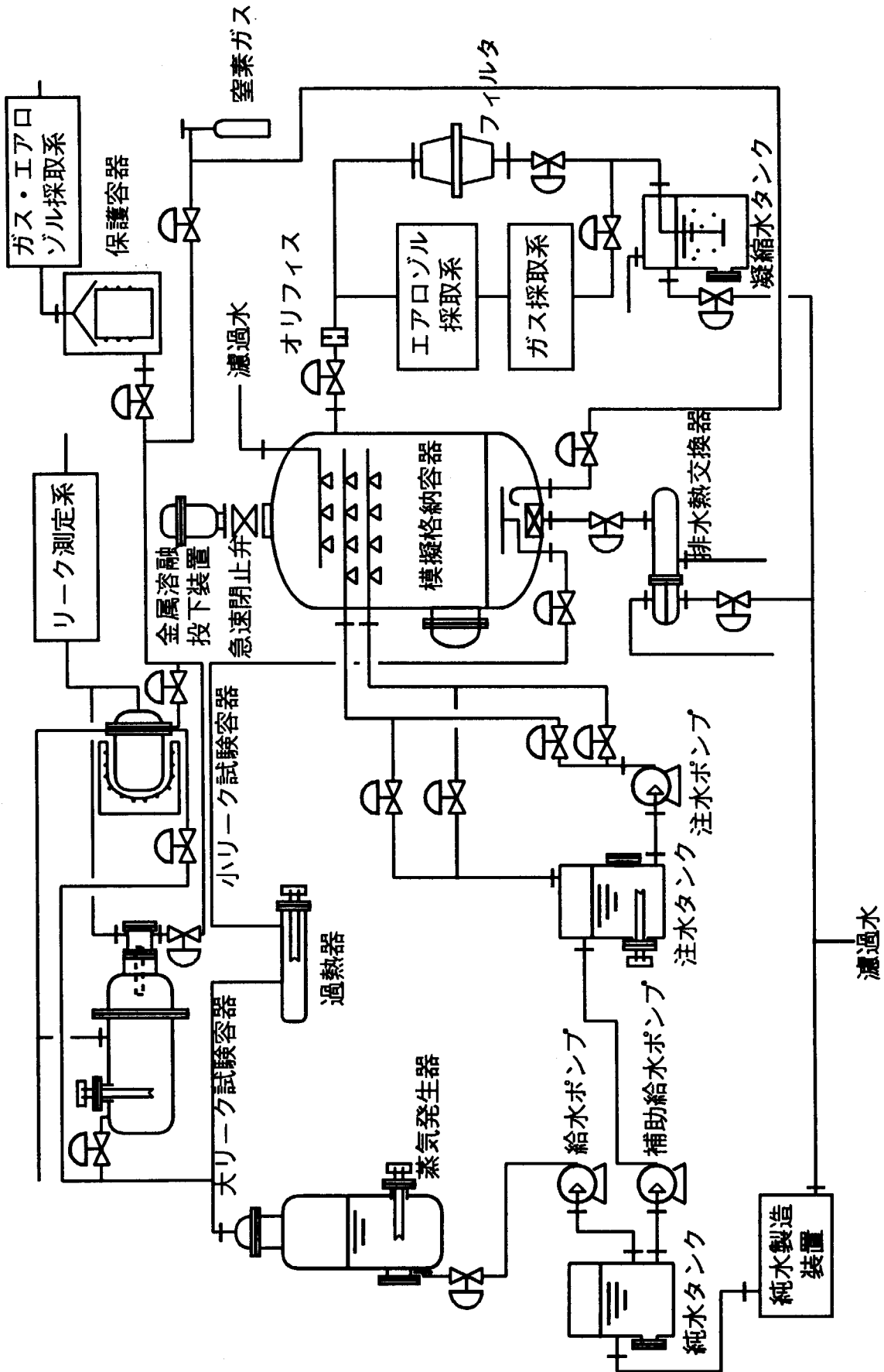


図 3. 1 事故時格納容器挙動試験装置の全体構成

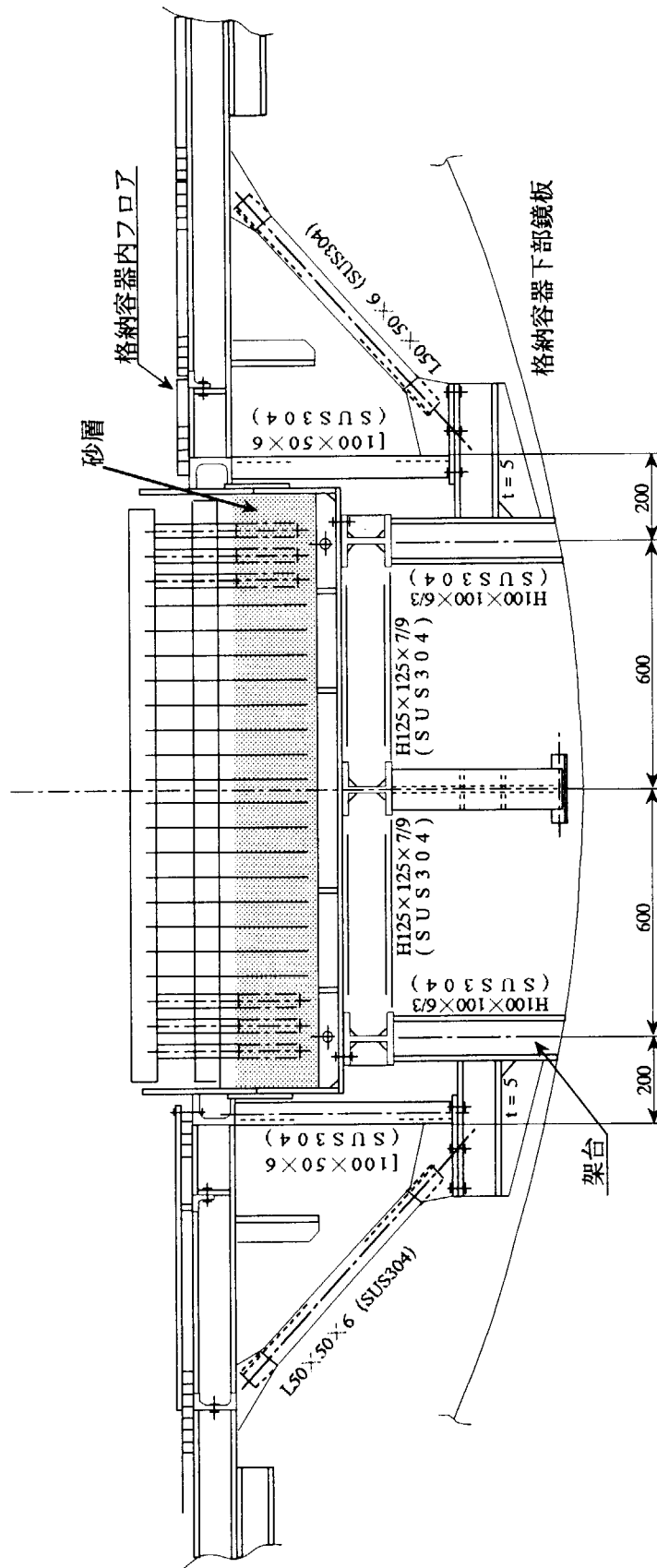


図 3. 3 模擬格納容器内部フロッア構造

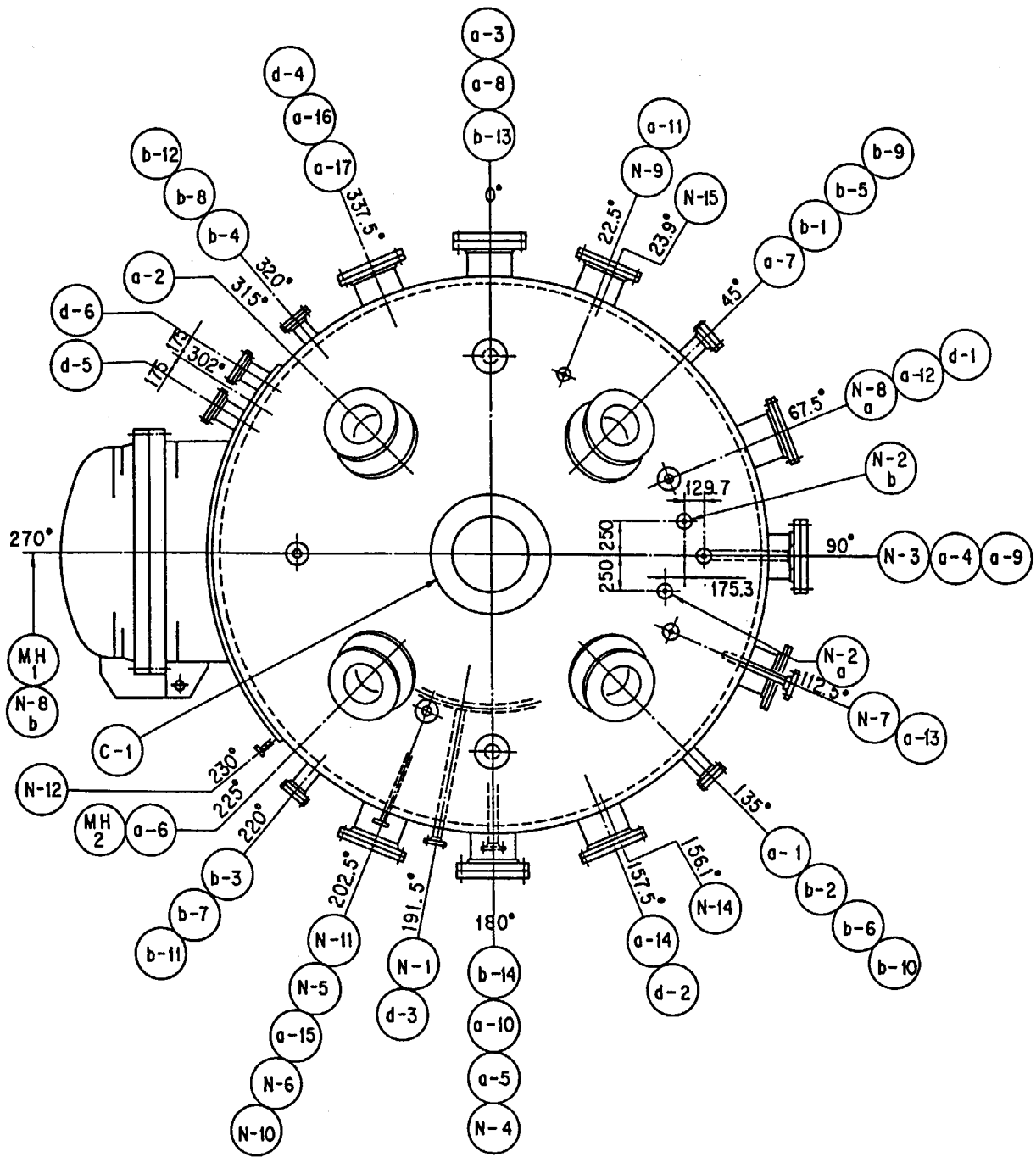


図 3. 4 模擬格納容器容器ノズル配置 (上方から見た図)

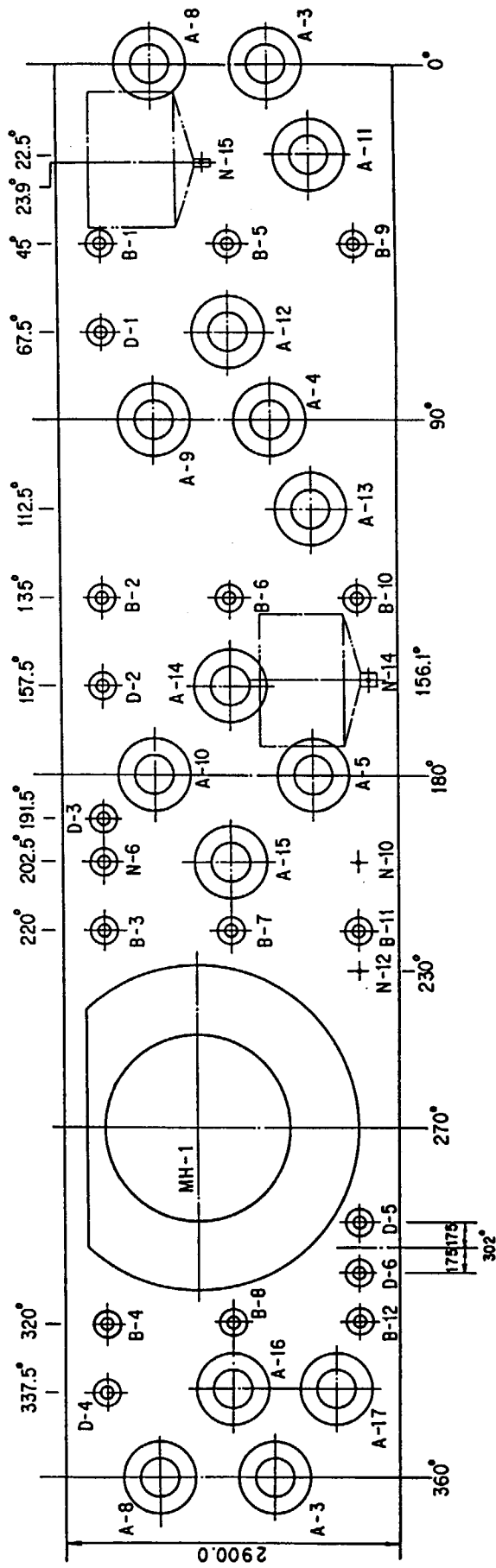


図 3. 5 模擬格納容器ノズル配置 (展開図)

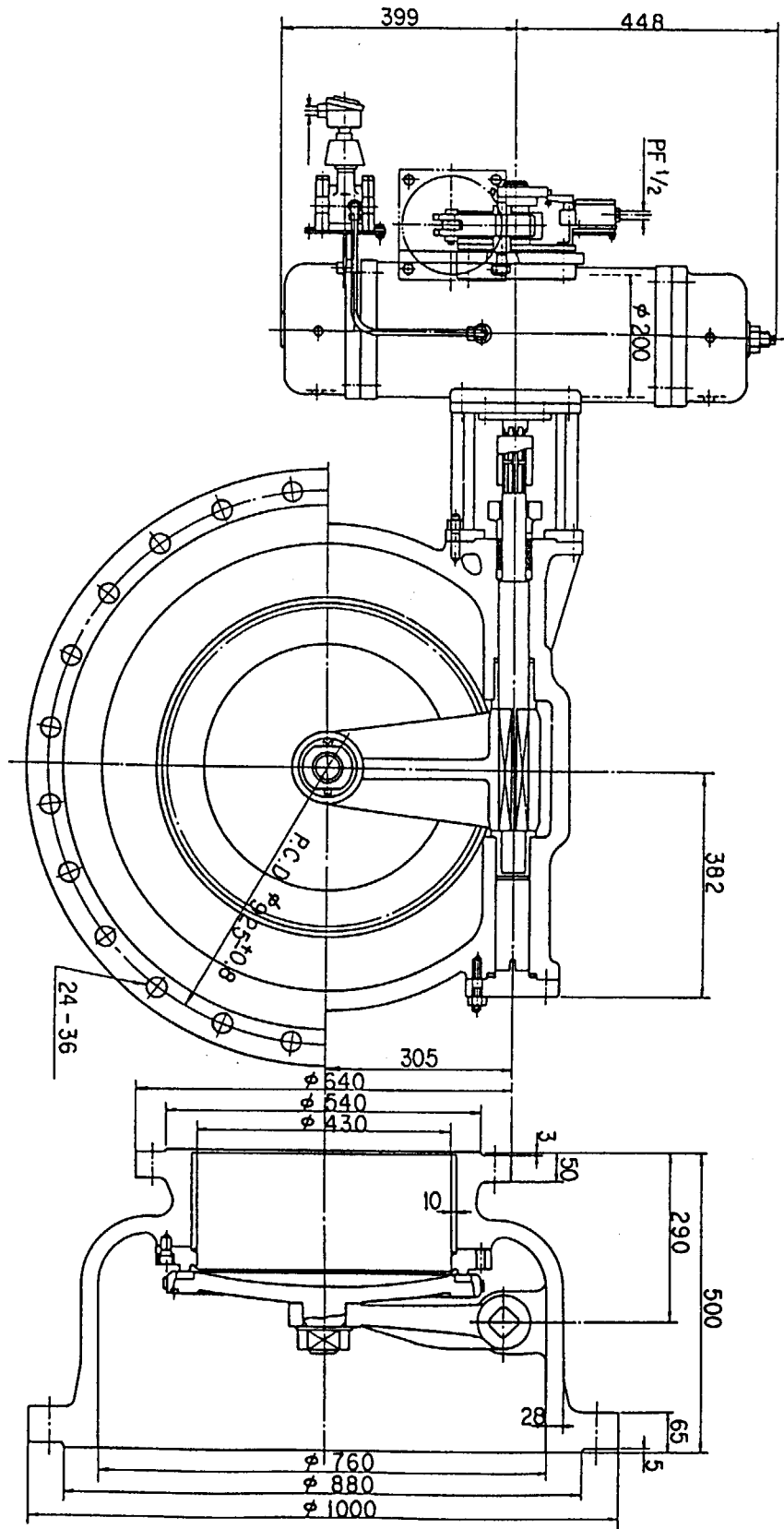


図 3. 6 急速閉止弁

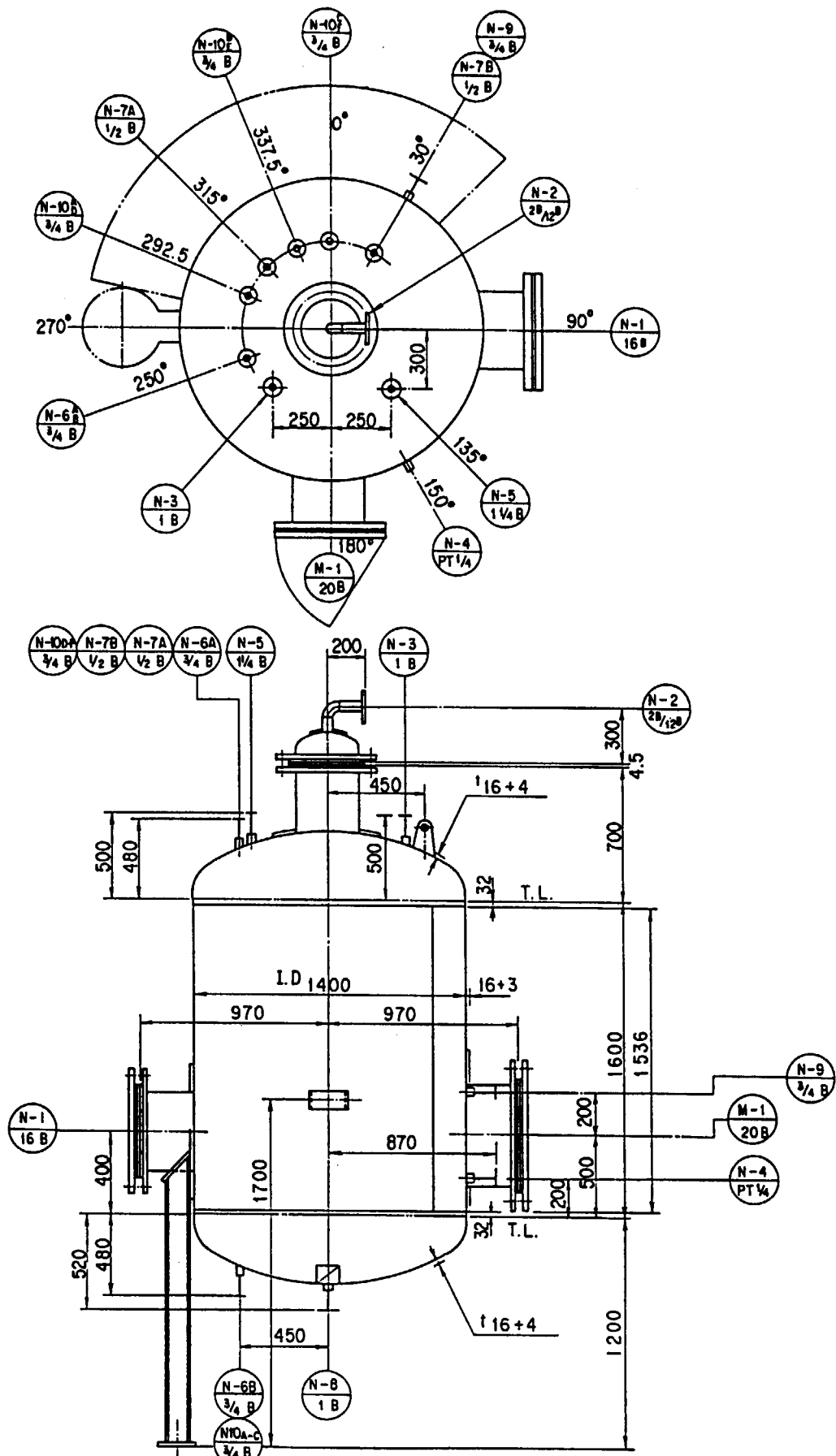


図 3. 8 蒸気発生器の概要

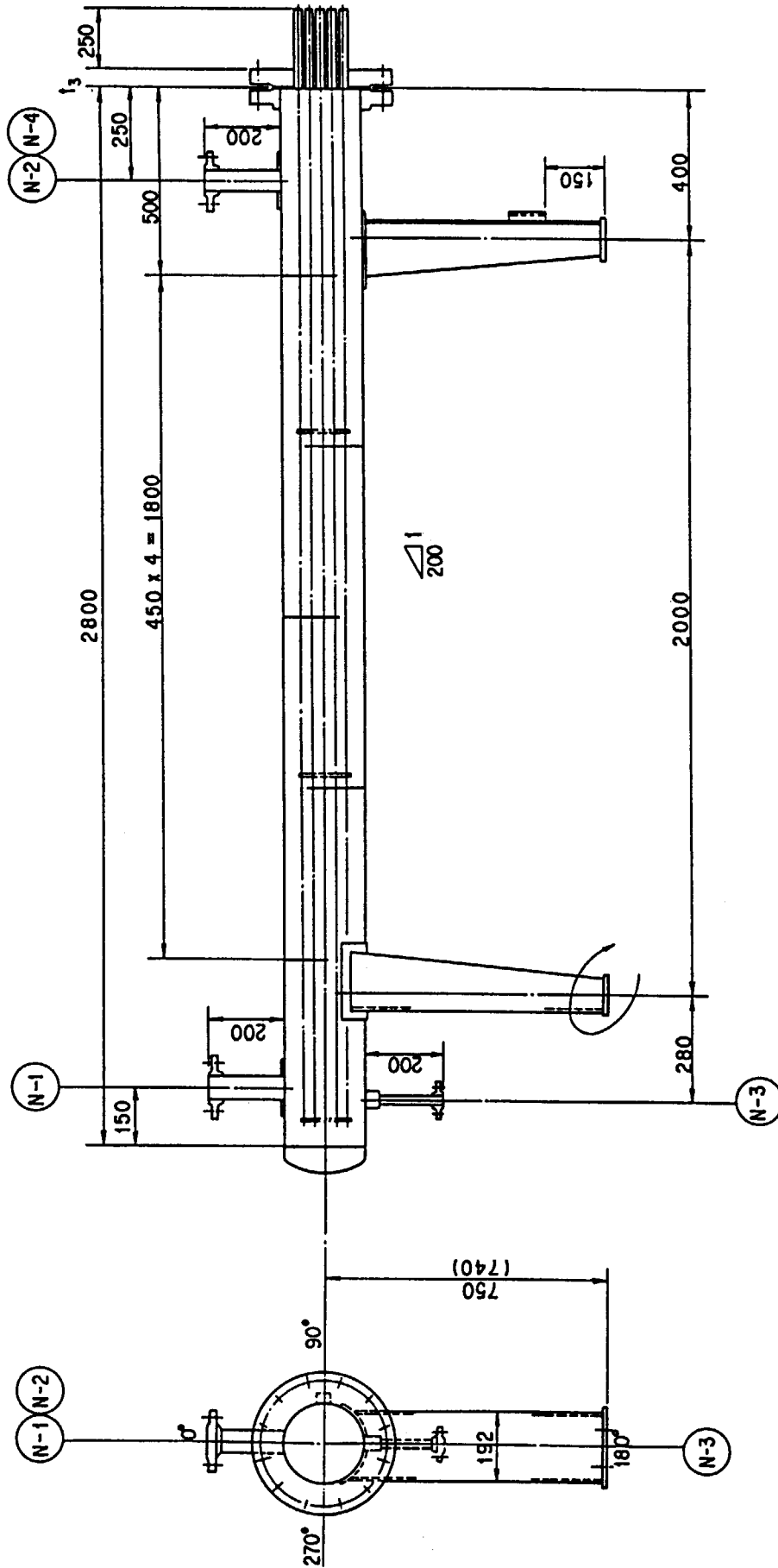


図 3. 9 過熱器の概要

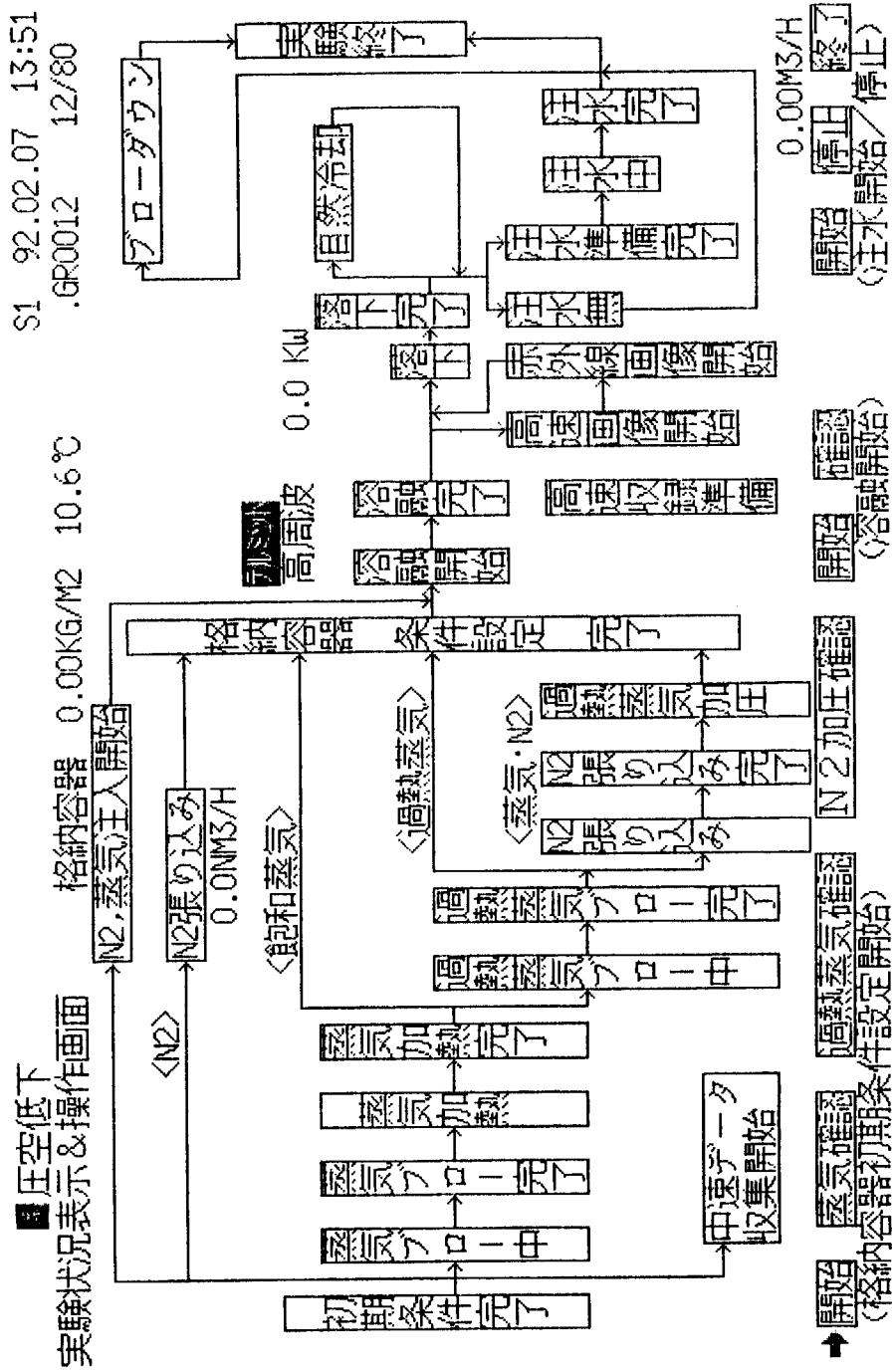


図 3. 10(b) オペレータステーションの表示画面の例
(実験状況表示及び操作画面)

■ 圧空低下
 実験条件設定画面
 1 試験選択

→ 溶融物 - 冷却材試験
 溶融物
 リーク試験
 エアロゾル挙動
 (風圧)再浮遊
 大型リーク試験
 小型リーク試験
 保護容器試験(手動)
 2 容器選択
 透明水槽
 鋼製水槽
 非加熱平板
 加熱平板
 コンクリート相互作用容器
 3 溶融条件
 テルミット炉(A)
 テルミット炉(B)
 高周波誘導加熱炉

S1 92.02.07 13:47
 .GR0011 11/80
 空気N2混合

4 注水条件
 大流量系小流量系
 大流量系
 小流量系
 F1 = 0.00M3/H
 F2 = 0.500M3/H
 無
 FQ = 1.00M3
 格納容器初期条件 6
 常温N2
 P0 = 3.00KG/CM2
 P1 = 15.00KG/CM2
 飽和蒸気
 P2 = 15.00KG/CM2
 T1 = 151.0℃
 過熱蒸気
 P3 = 5.00KG/CM2
 P4 = 10.00KG/CM2
 T2 = 195.0℃
 T3 = 200.0℃

5 無
 その他, 設定条件
 蒸気加圧
 T6 = 185.0℃
 リークシステム試験
 (エアロゾル挙動)
 T7 = 140.0℃
 T8 = 200.0℃

7 リーク試験設定条件
 大型 P9 = 5.00KG/CM2
 小型 P10 = 0.10KG/CM2

■ 書き込み

図3. 10(c) オペレータステーションの表示画面の例
 (実験条件設定画面)

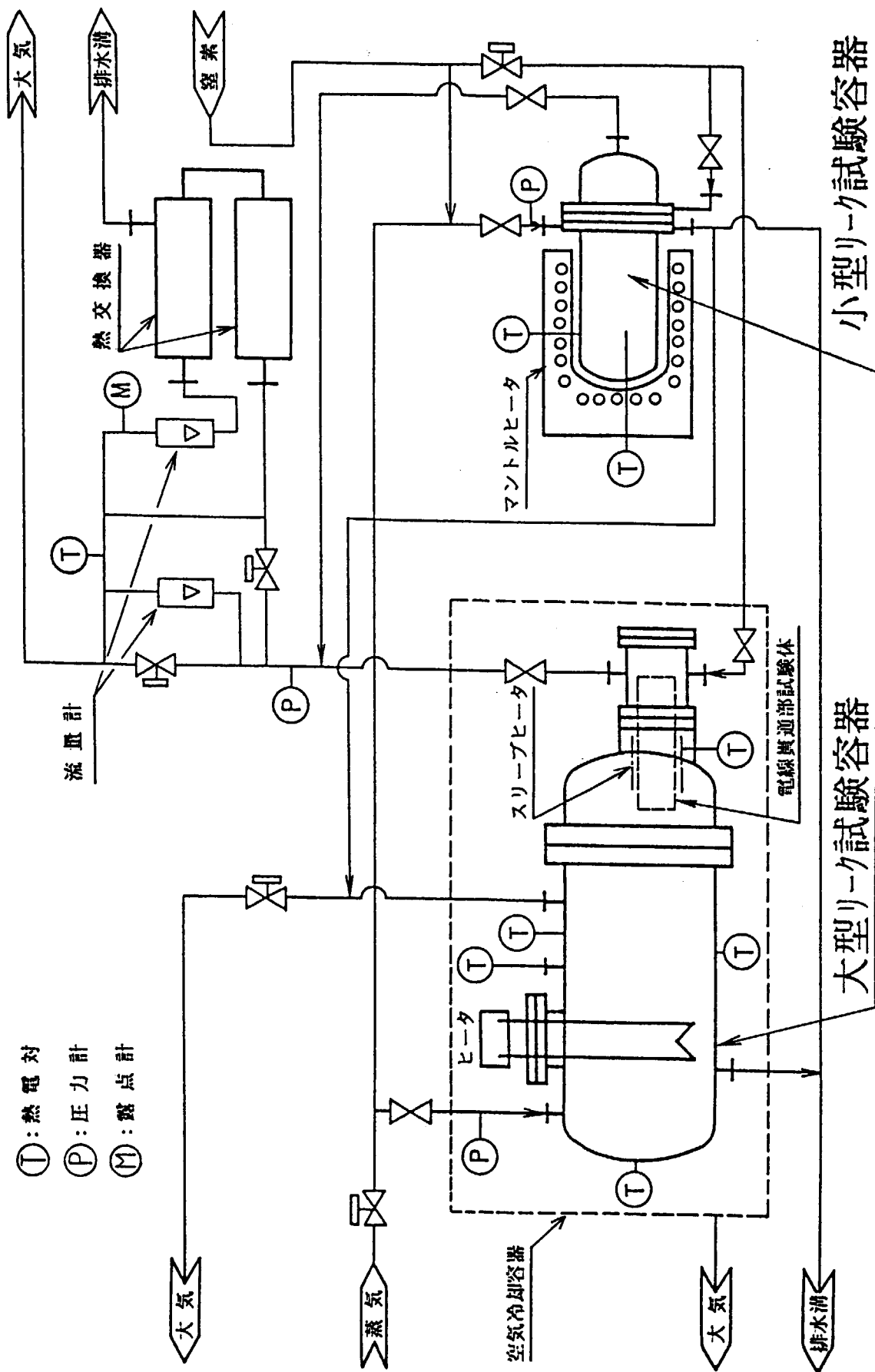


図 3. 1. 1 リーク試験装置周辺の系統図

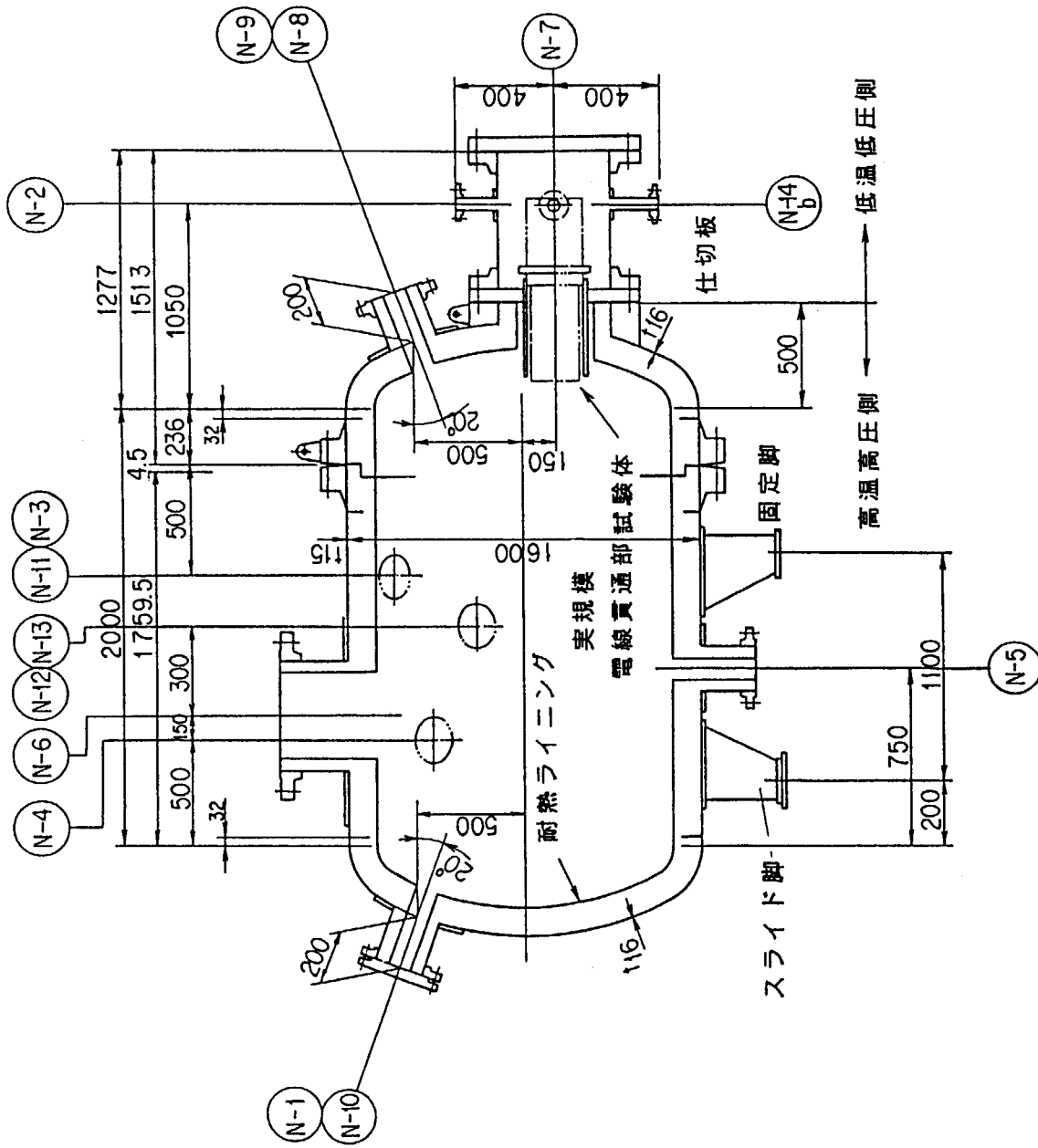


図 3. 1 2 大型リーク試験容器の構造

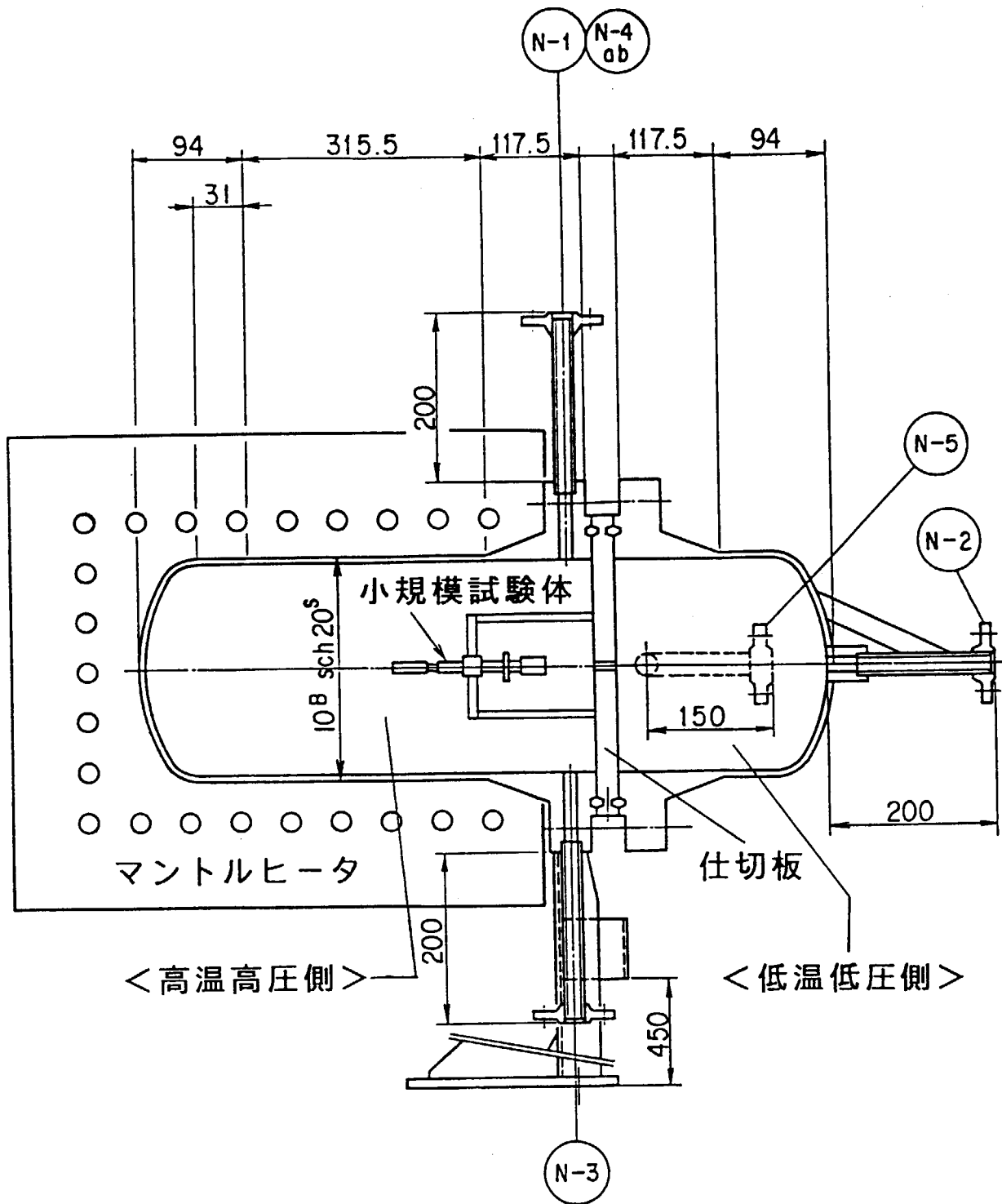


図3. 13 小型リーク試験容器の構造

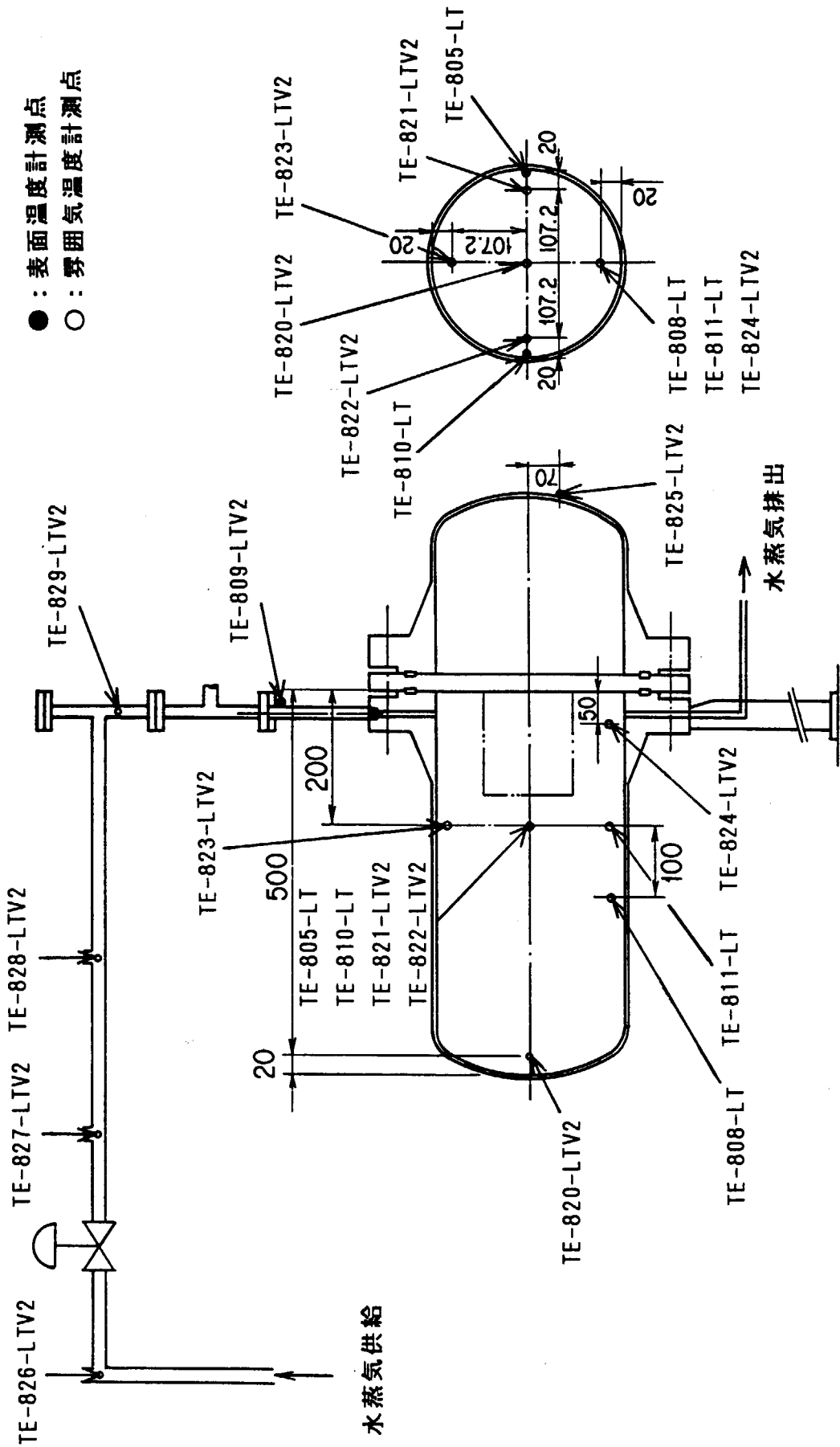


図 3. 14 小型リーク試験容器熱電対位置

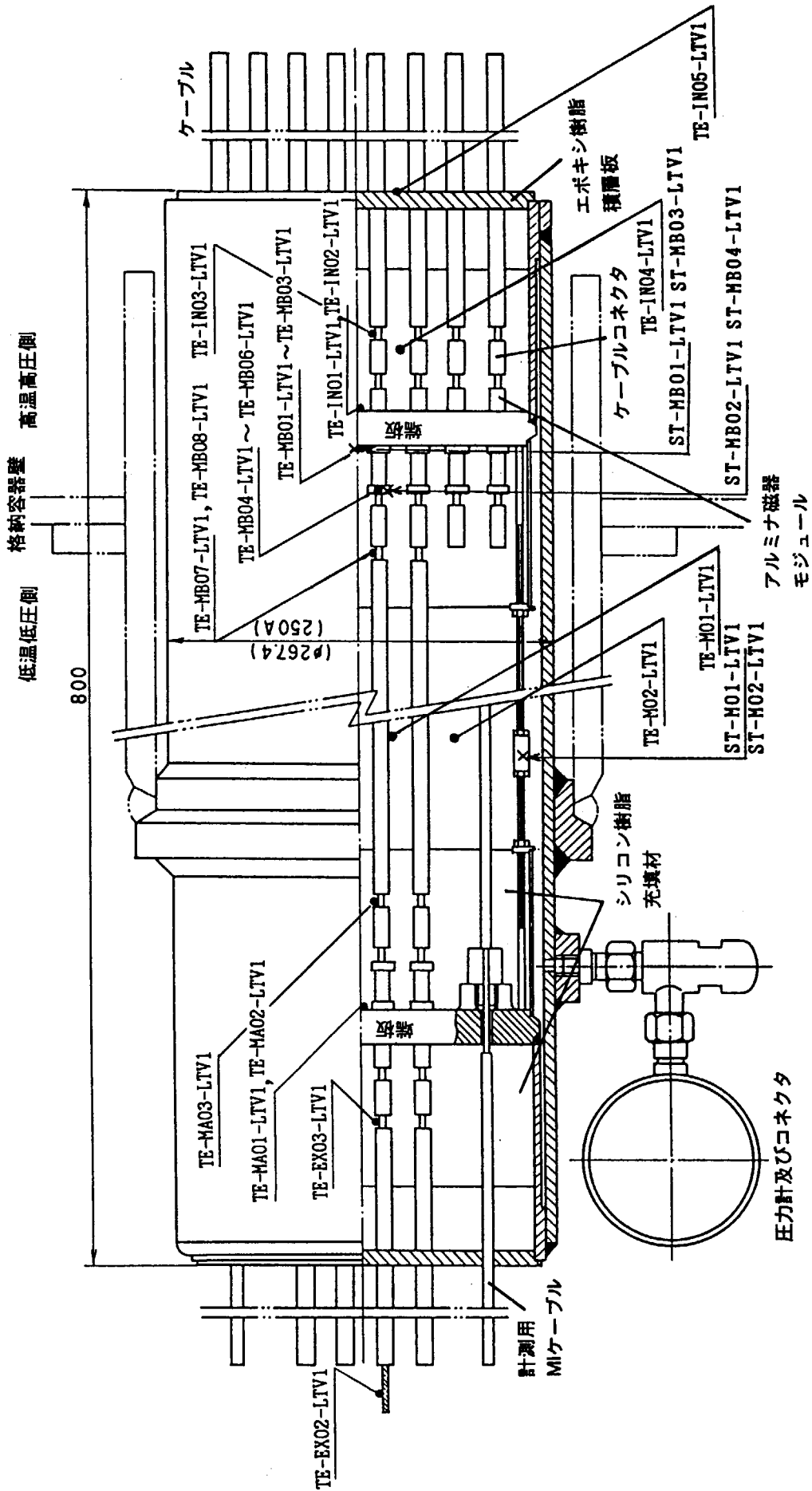
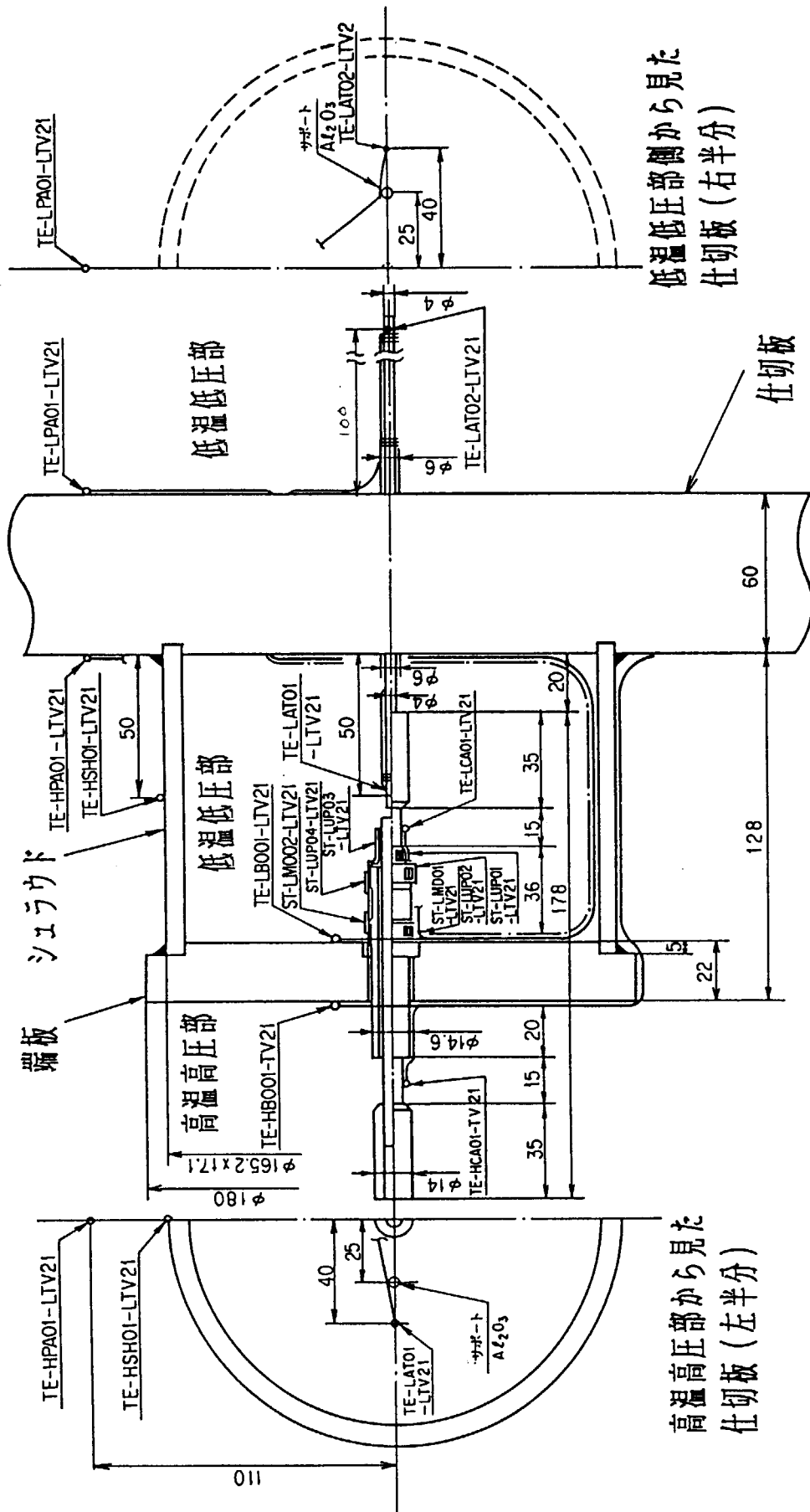


図3. 15 実規模電線貫通部模擬体の構造



低温低圧部側から見た
仕切板 (右半分)

高温高圧部から見た
仕切板 (左半分)

図3. 16 アルミナ磁器モジュール試験体の構造

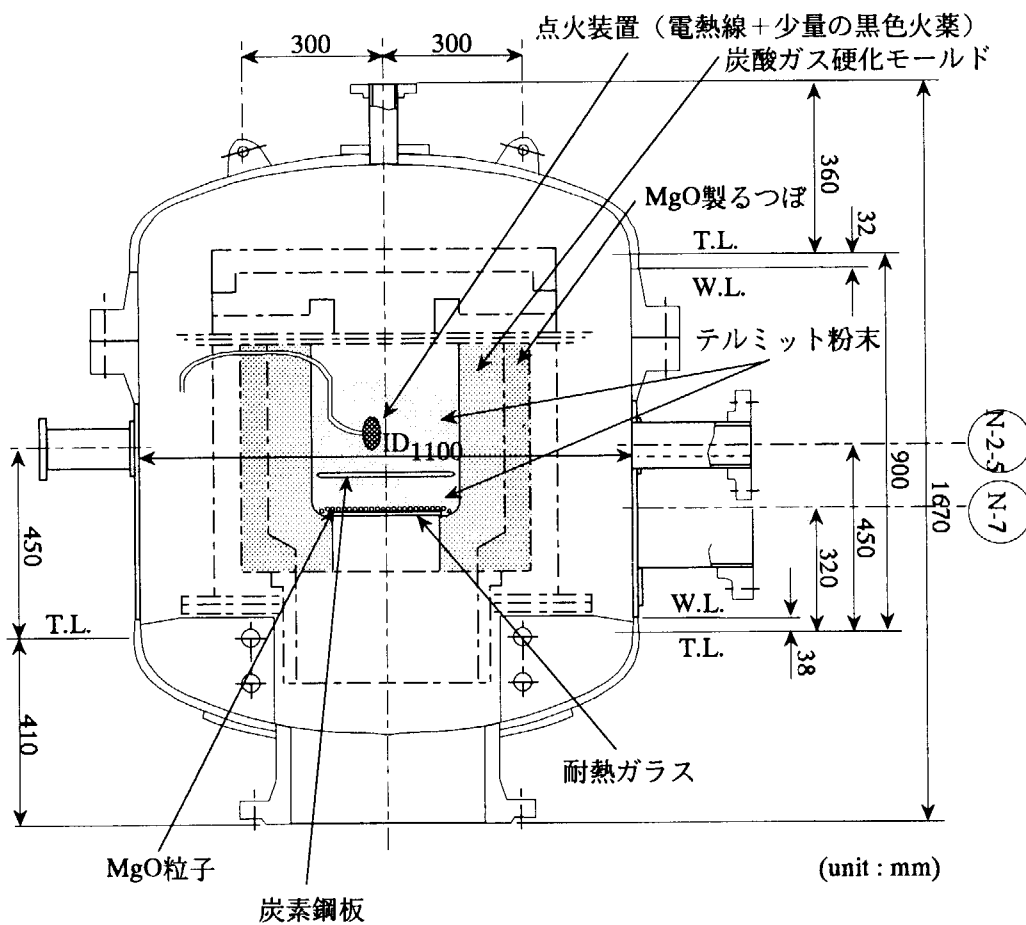


図3. 18 テルミット反応式溶融物投下装置

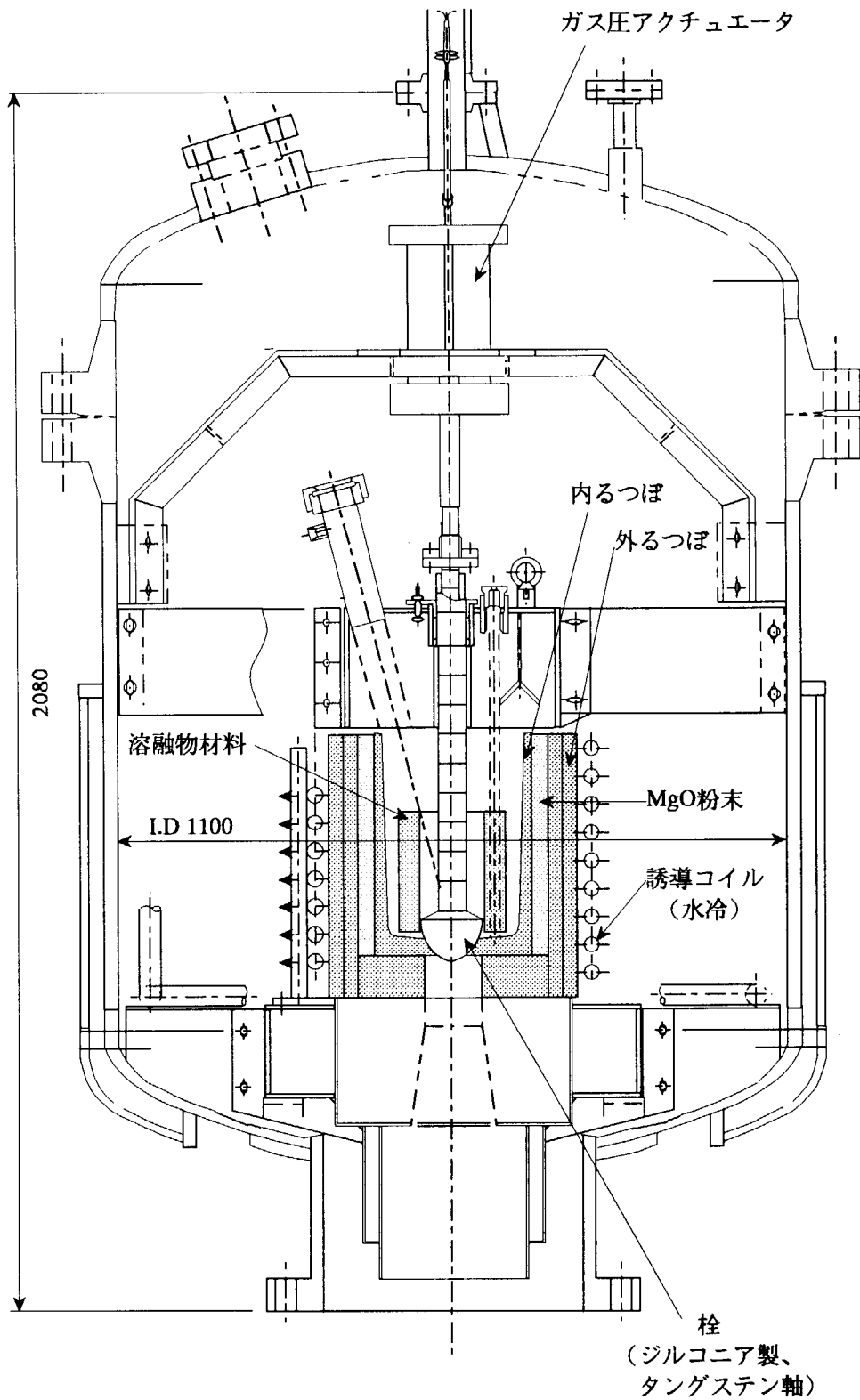
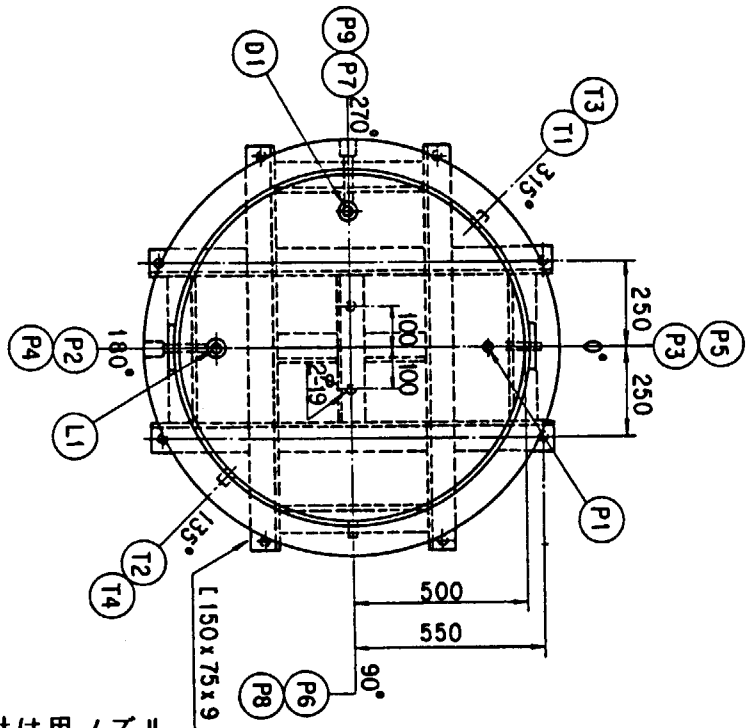


図 3. 19 高周波誘導加熱式熔融物投下装置



- T : 熱電対取り付け用ノズル
- P : 衝撃力計測器取り付け用ノズル
- L : 液位計用ノズル
- D : ドレイン

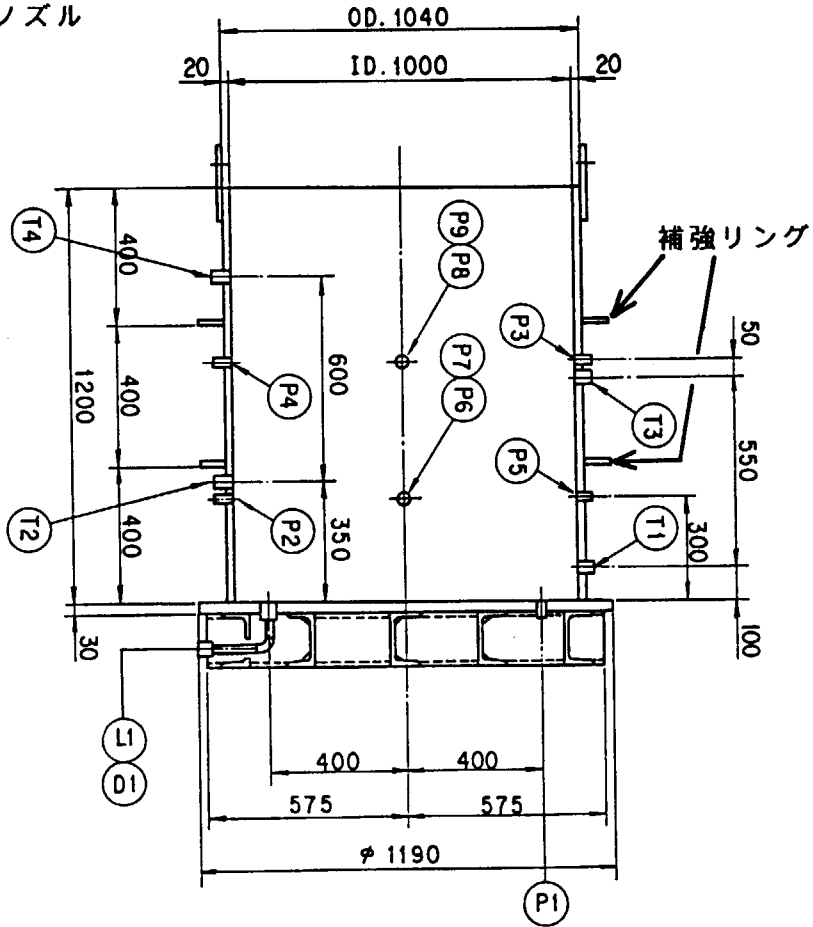
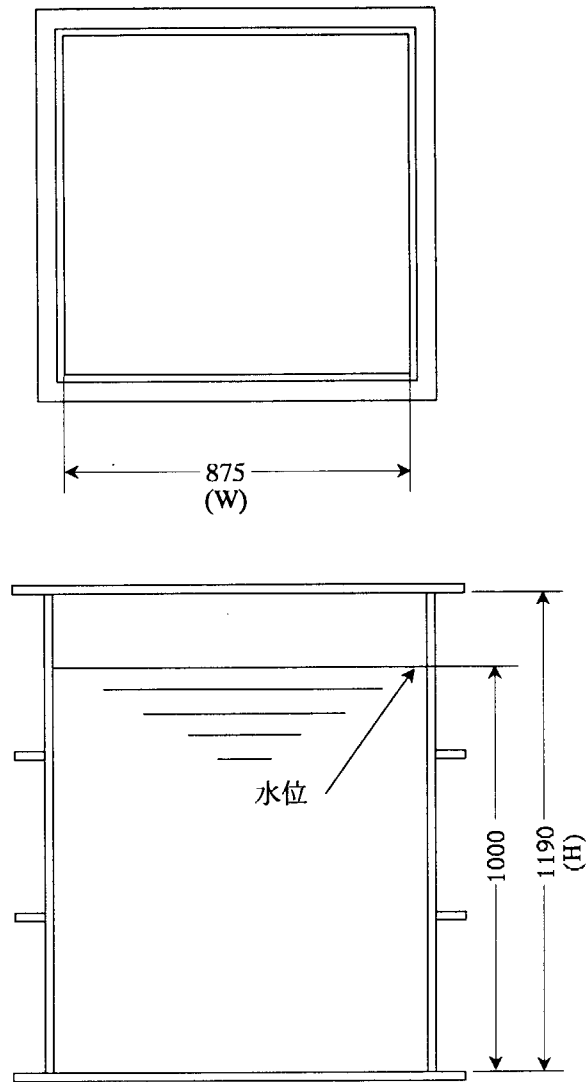


図 3. 20 鋼製水槽



	高さ H	幅 W
大	1190	875
中	1120	630
小	1380	450

(単位 mm)

図 3. 2 1 透明アクリル水槽

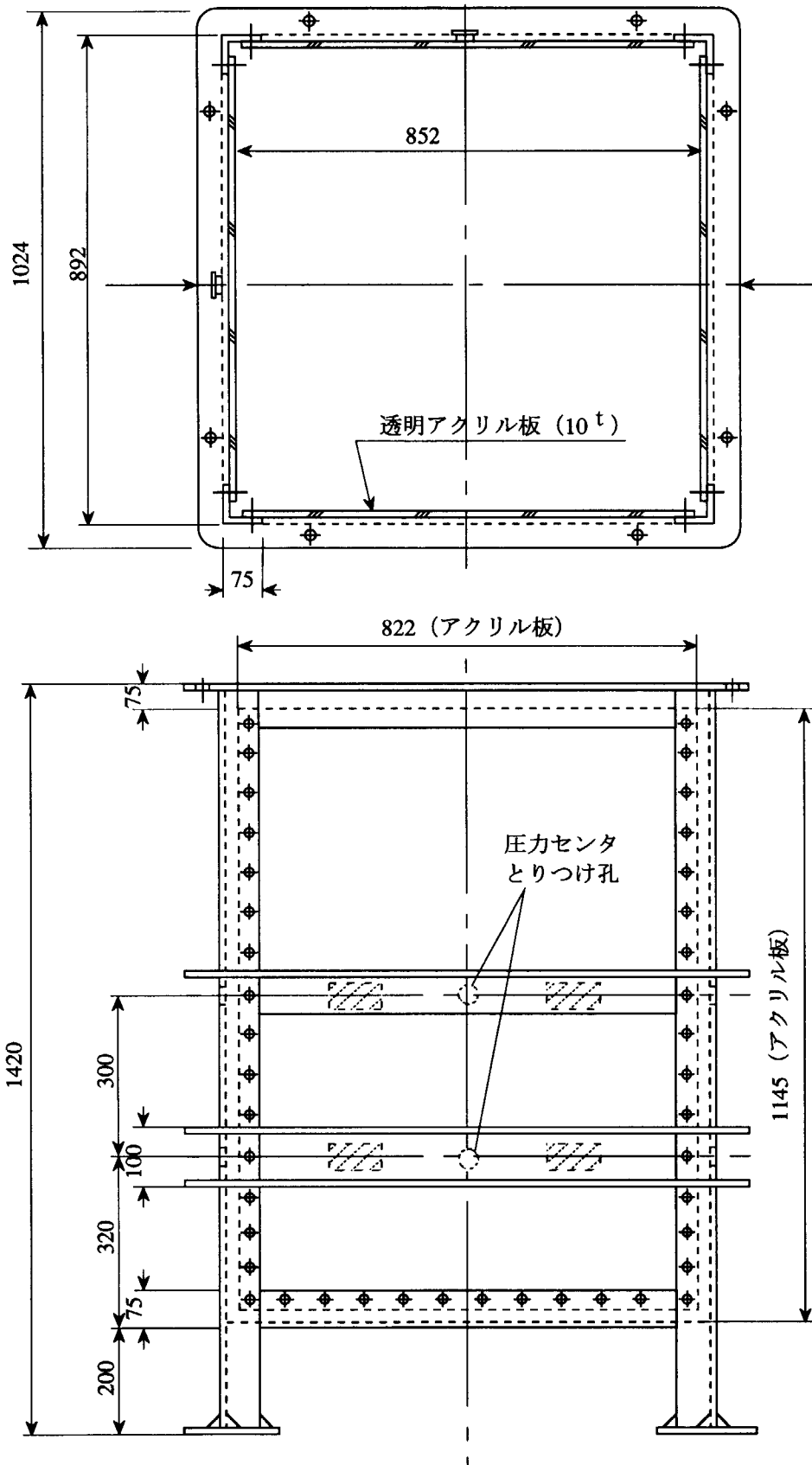


図 3. 2 2 鋼製フレーム式アクリル水槽

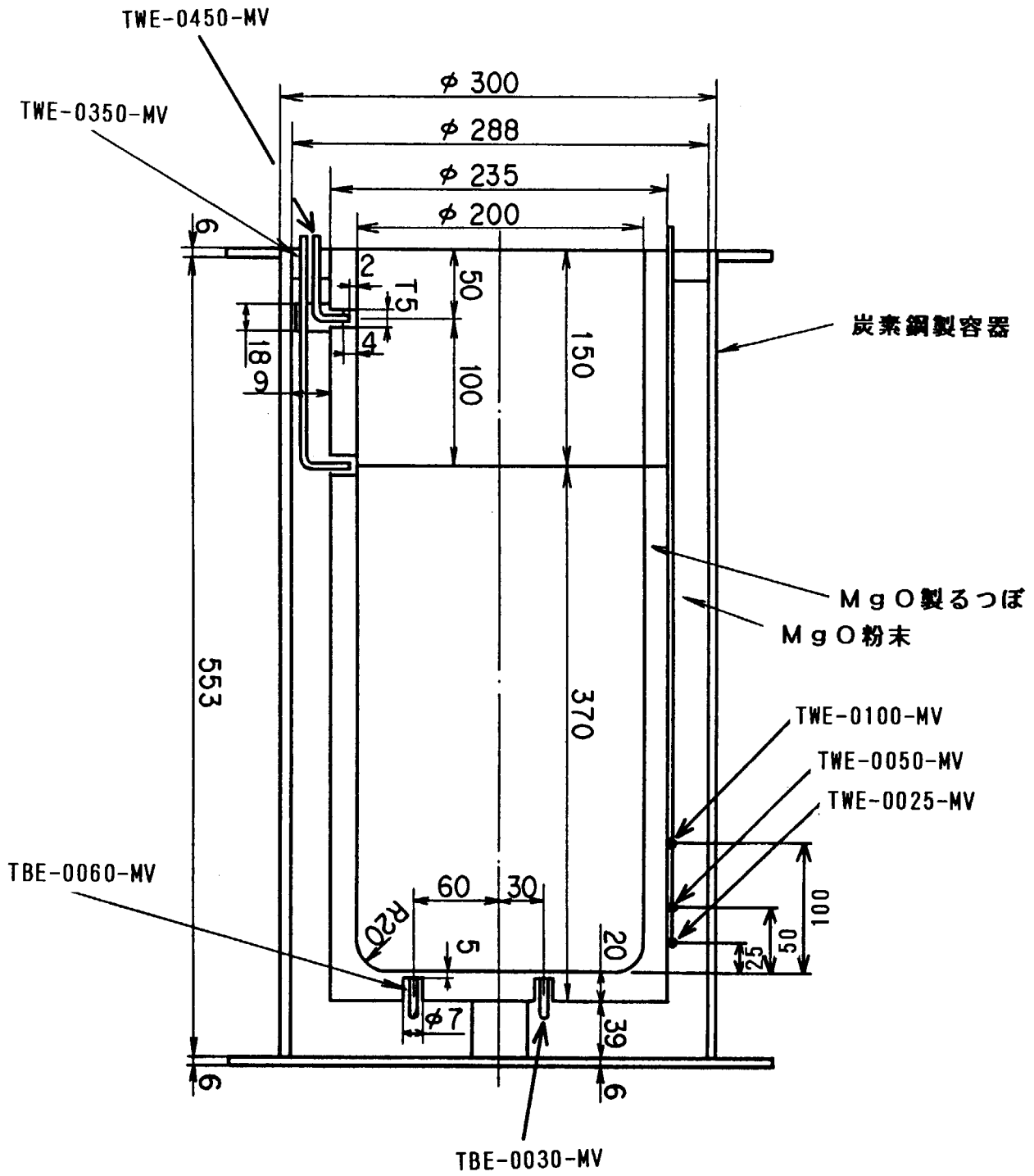
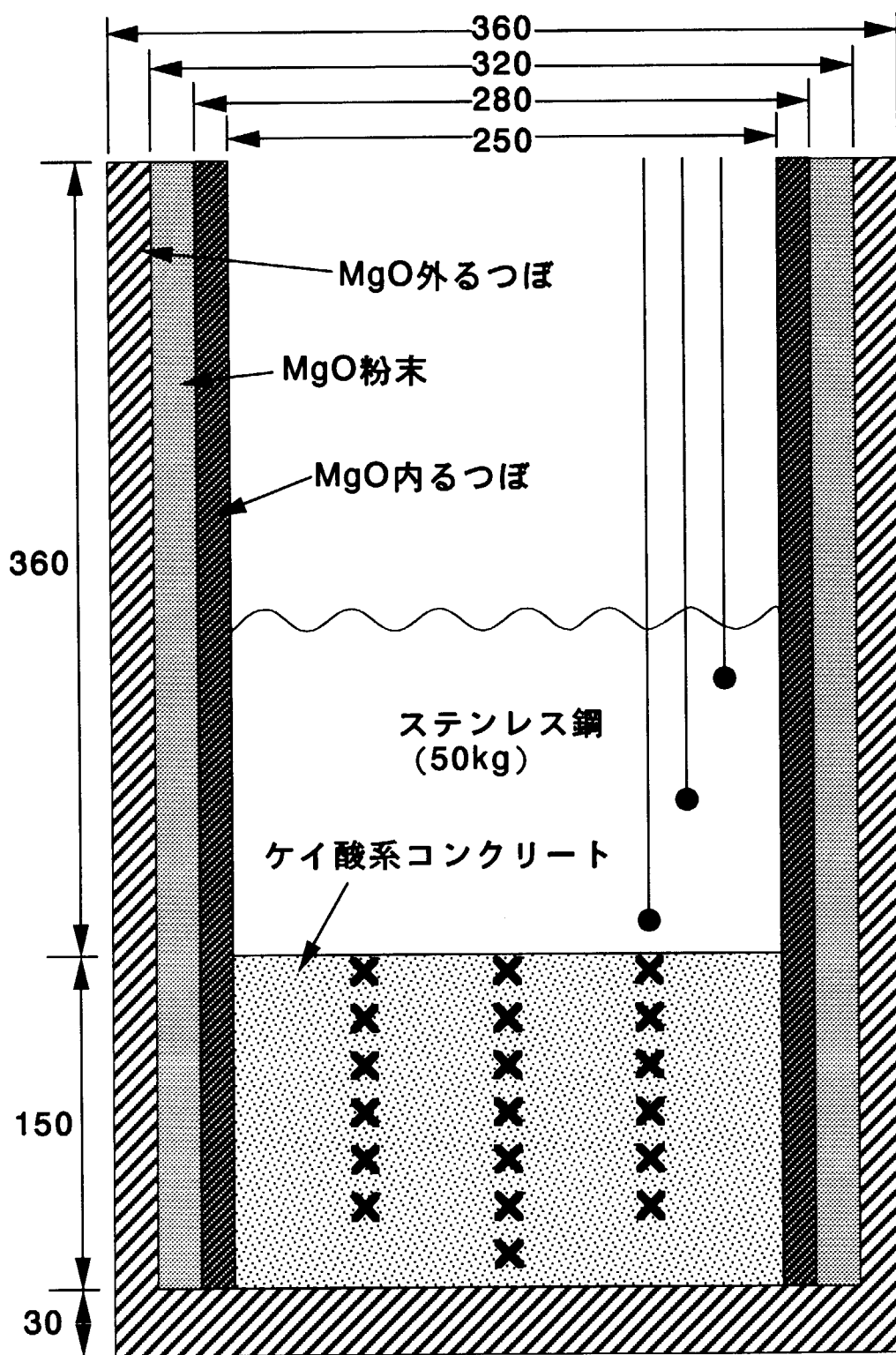
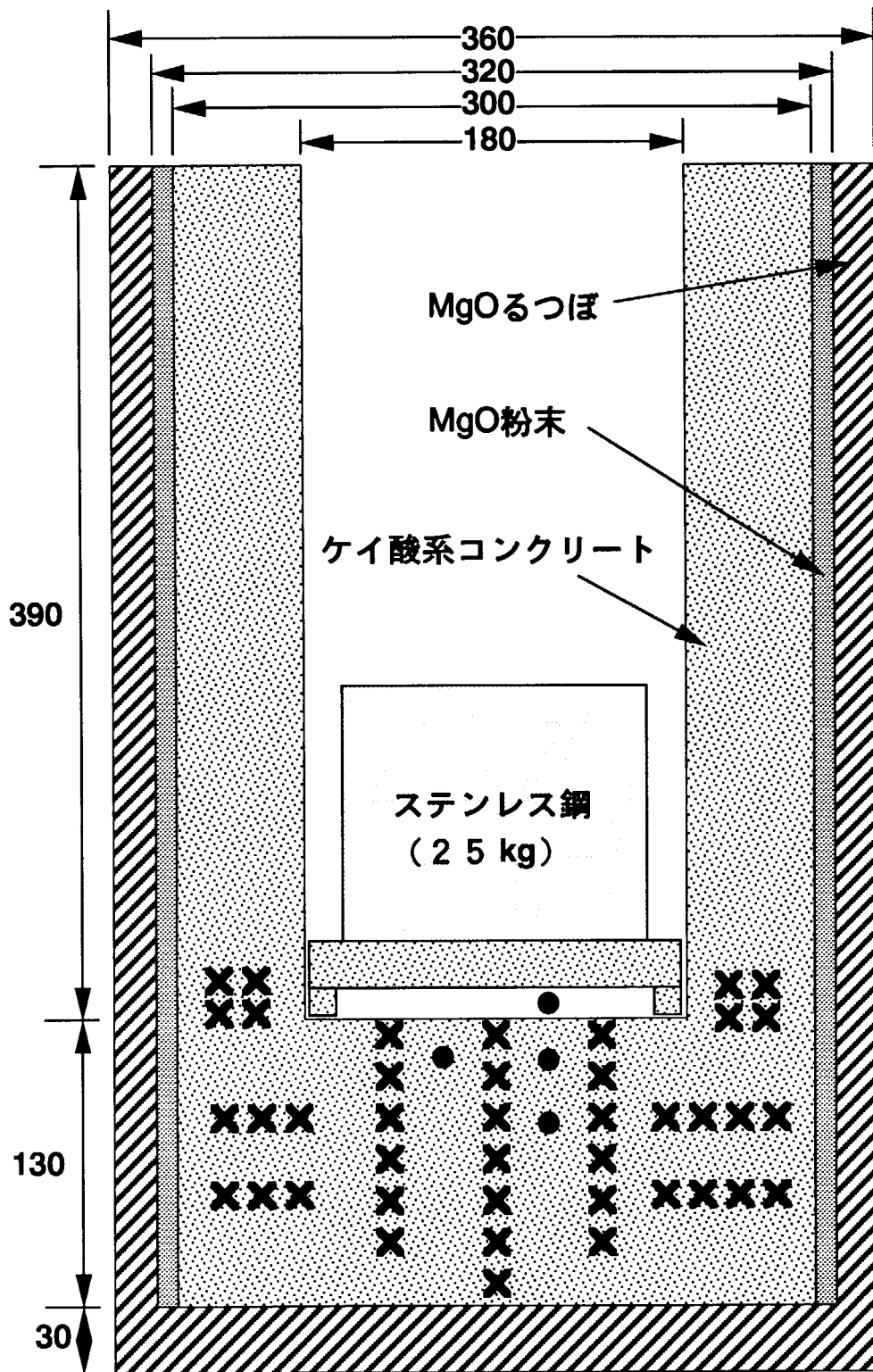


図 3. 2 3 溶融物保持容器



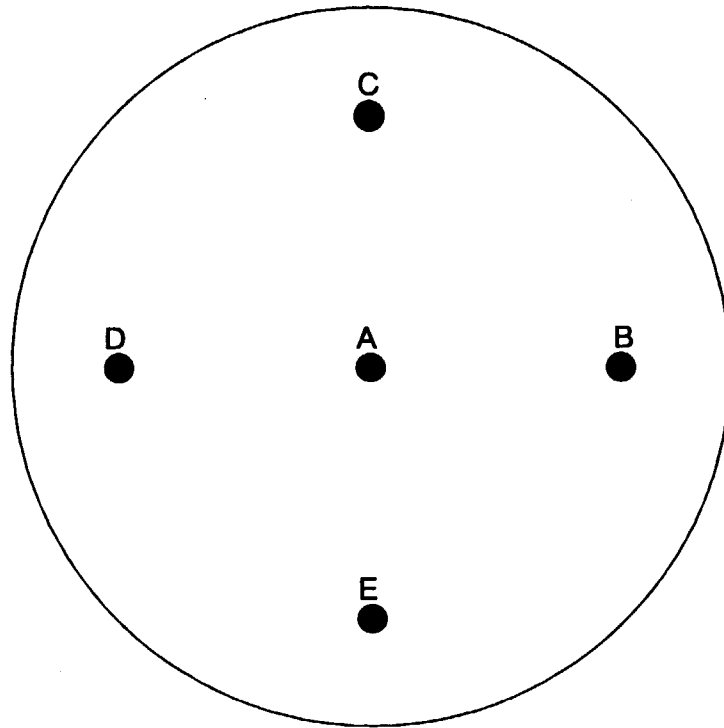
- 溶融物温度測定用熱電対 (タイプB熱電対3本)
 - ✕ コンクリート侵食深さ測定用熱電対 (タイプK熱電対31本)
- (単位 : mm)

図3. 24 MCCI るつぼ (底部のみコンクリートのもの)



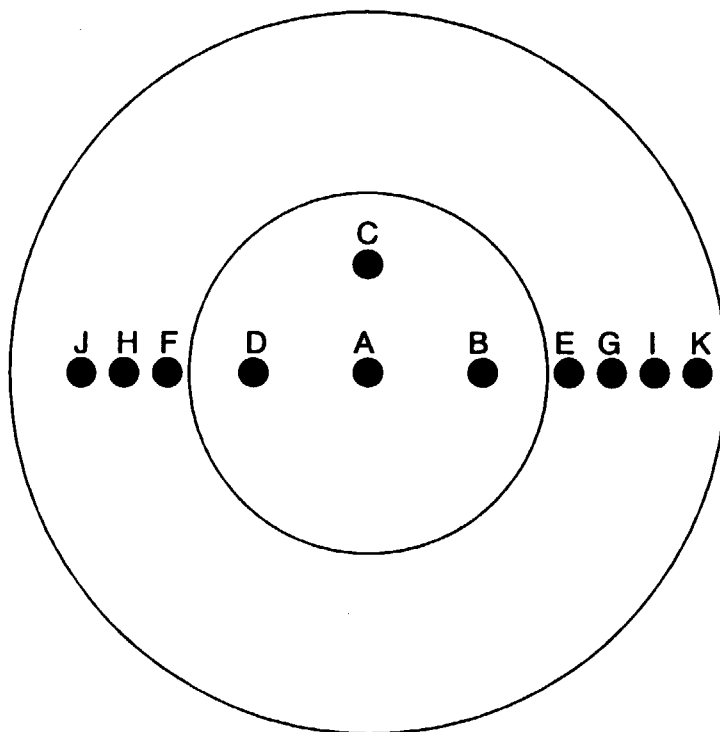
- 熔融物温度測定用熱電対 (タイプB熱電対4本)
 - ✕ コンクリート侵食深さ測定用熱電対 (タイプK熱電対44本)
- (単位: mm)

図3. 25 MCCI るつぼ (底部及び側壁がコンクリートのもの)



熱電対列	中心からの距離 (mm)	コンクリート表面からの深さ (mm)
A	0	5, 20, 35, 50, 65, 80, 150
B	75	5, 20, 35, 50, 65, 80
C	75	5, 20, 35, 50, 65, 80
D	75	5, 20, 35, 50, 65, 80
E	75	5, 20, 35, 50, 65, 80

図3. 26 MCCI 炉つば熱電対埋め込み位置 (底部のみコンクリートのもの)



熱電対列	中心からの距離 (mm)	コンクリート表面からの深さ (mm)
A	0	0, 20, 40, 60, 80, 100, 120
B	60	0, 20, 40, 60, 80, 100
C	60	20, 60, 100
D	60	0, 20, 40, 60, 80, 100
E	95	-40, 0, 40, 80
F	95	-40, 0, 40, 80
G	110	-40, 0, 40, 80
H	110	-40, 0, 40, 80
I	125	40, 80
J	125	40, 80
K	140	40, 80

図3. 27 MCCI るつぼ熱電対埋め込み位置 (底部及び側壁がコンクリートのもの)

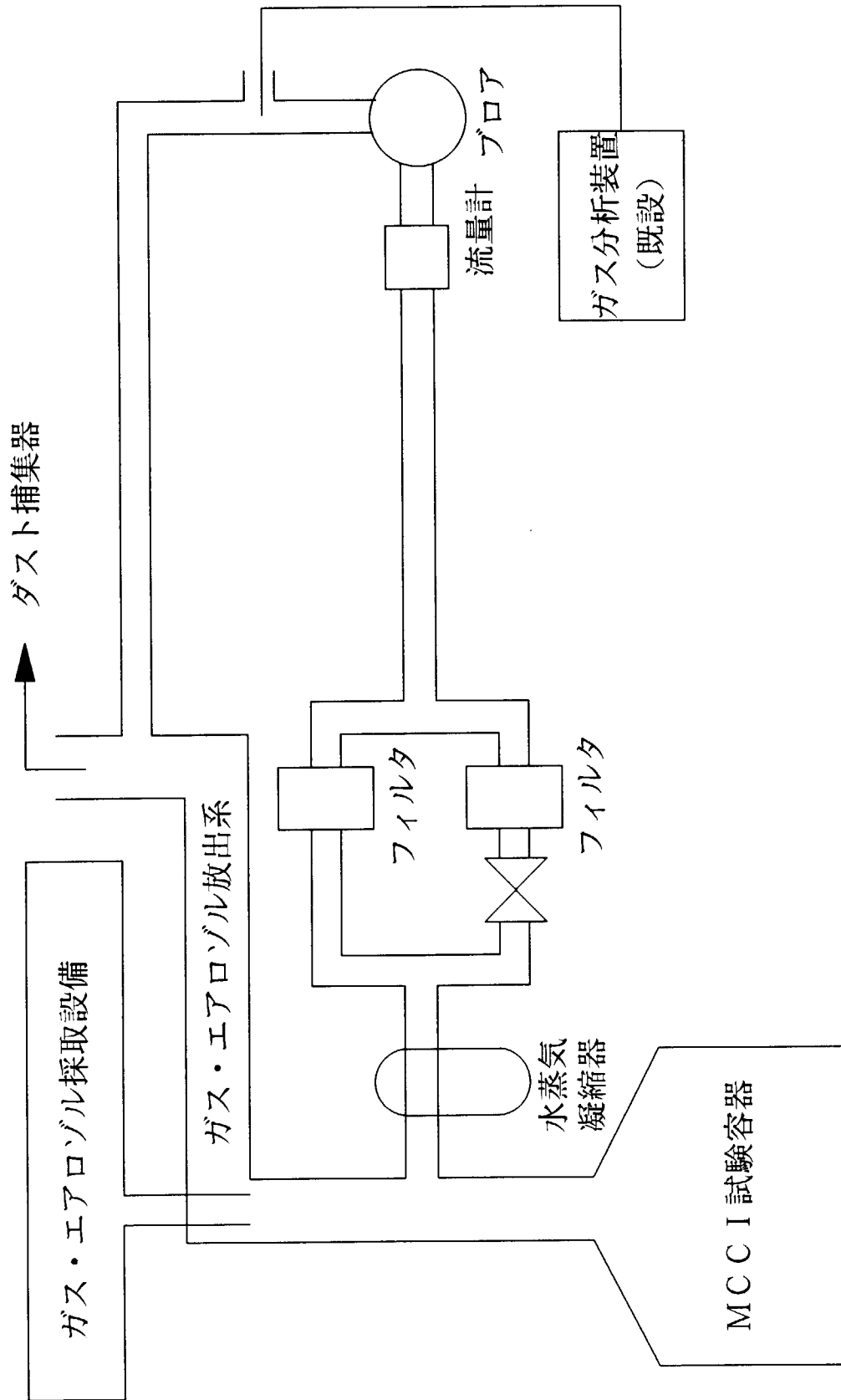


図 3. 28 オンラインガス計測設備系統図

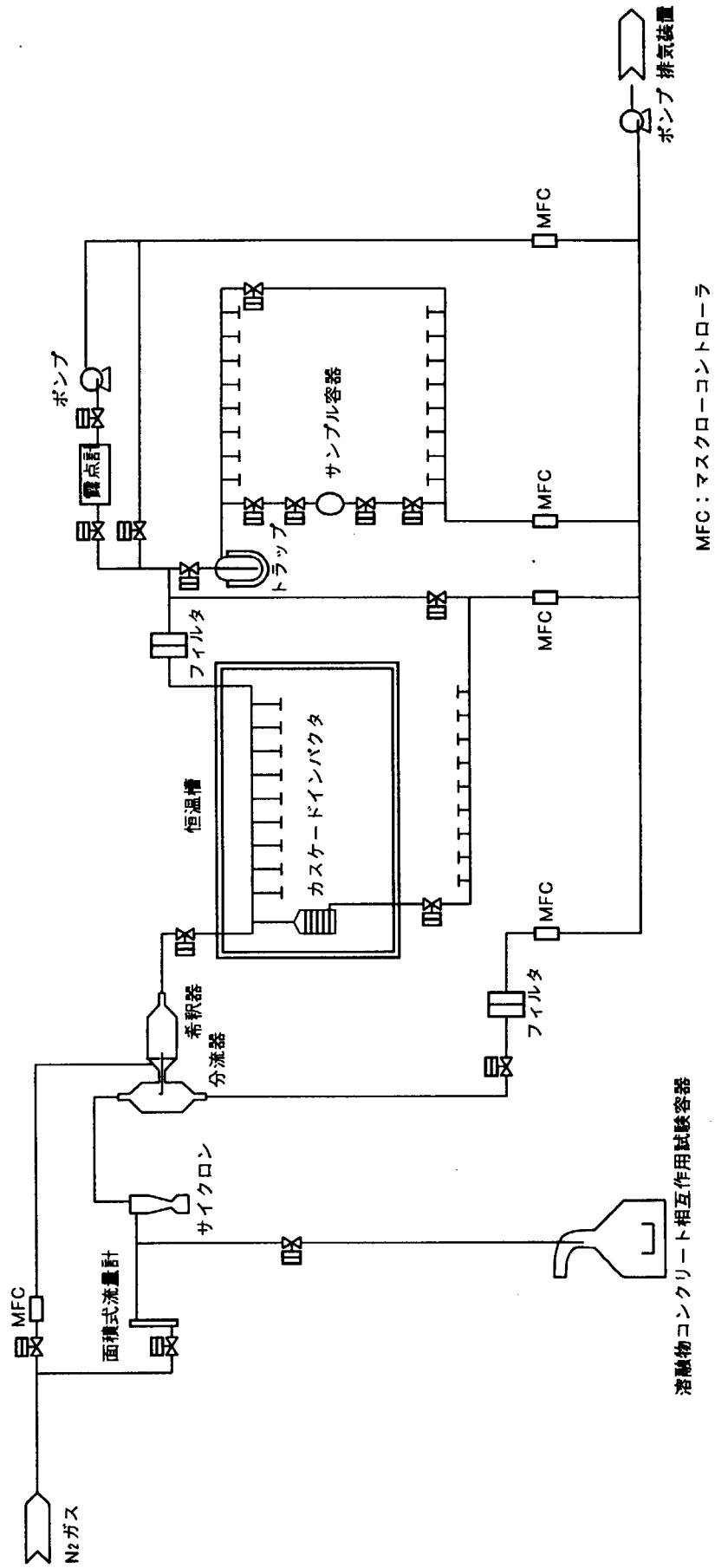


図3. 2.9 ガス・エアロゾル採取設備系統図

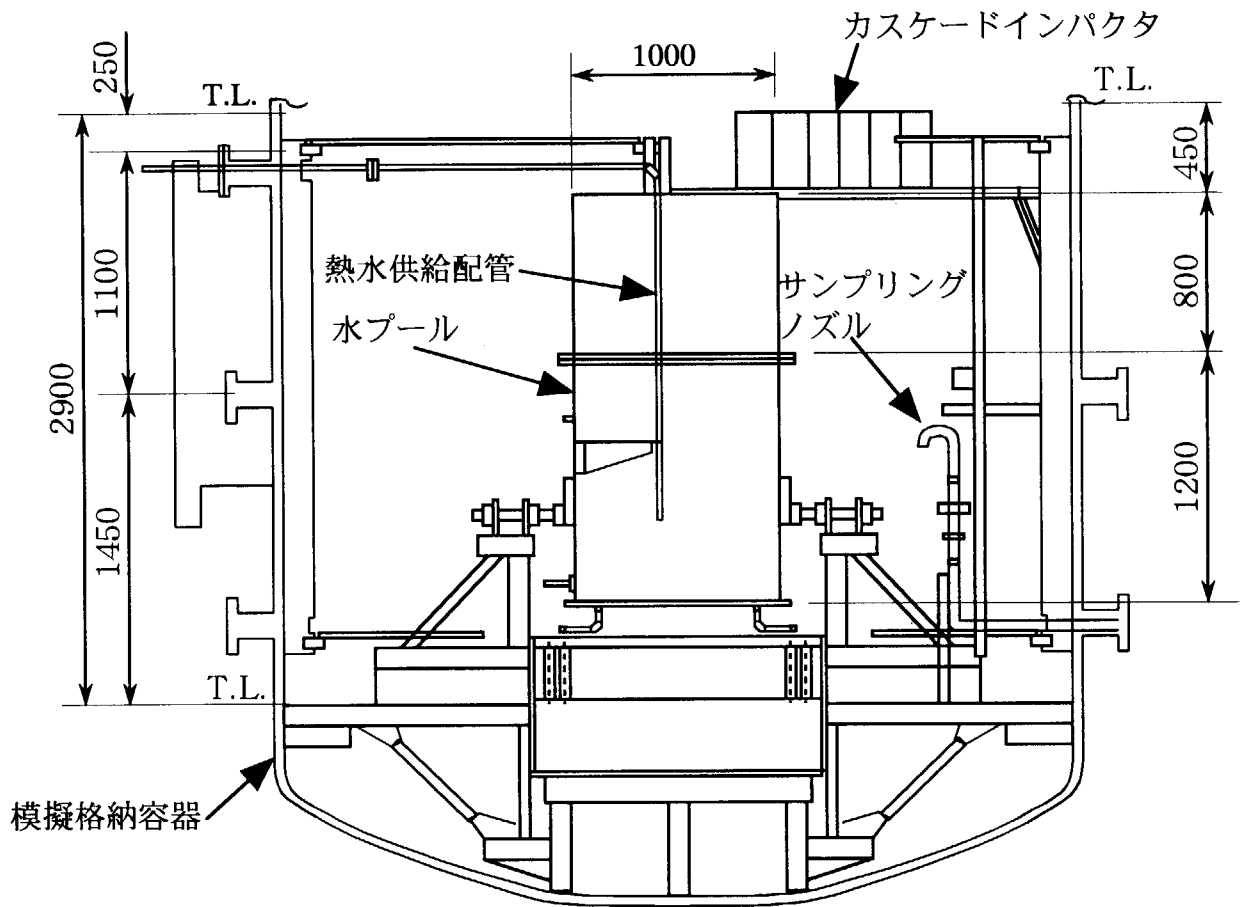


図 3. 30 エアロゾル挙動試験装置水プールの模擬格納容器内設置図

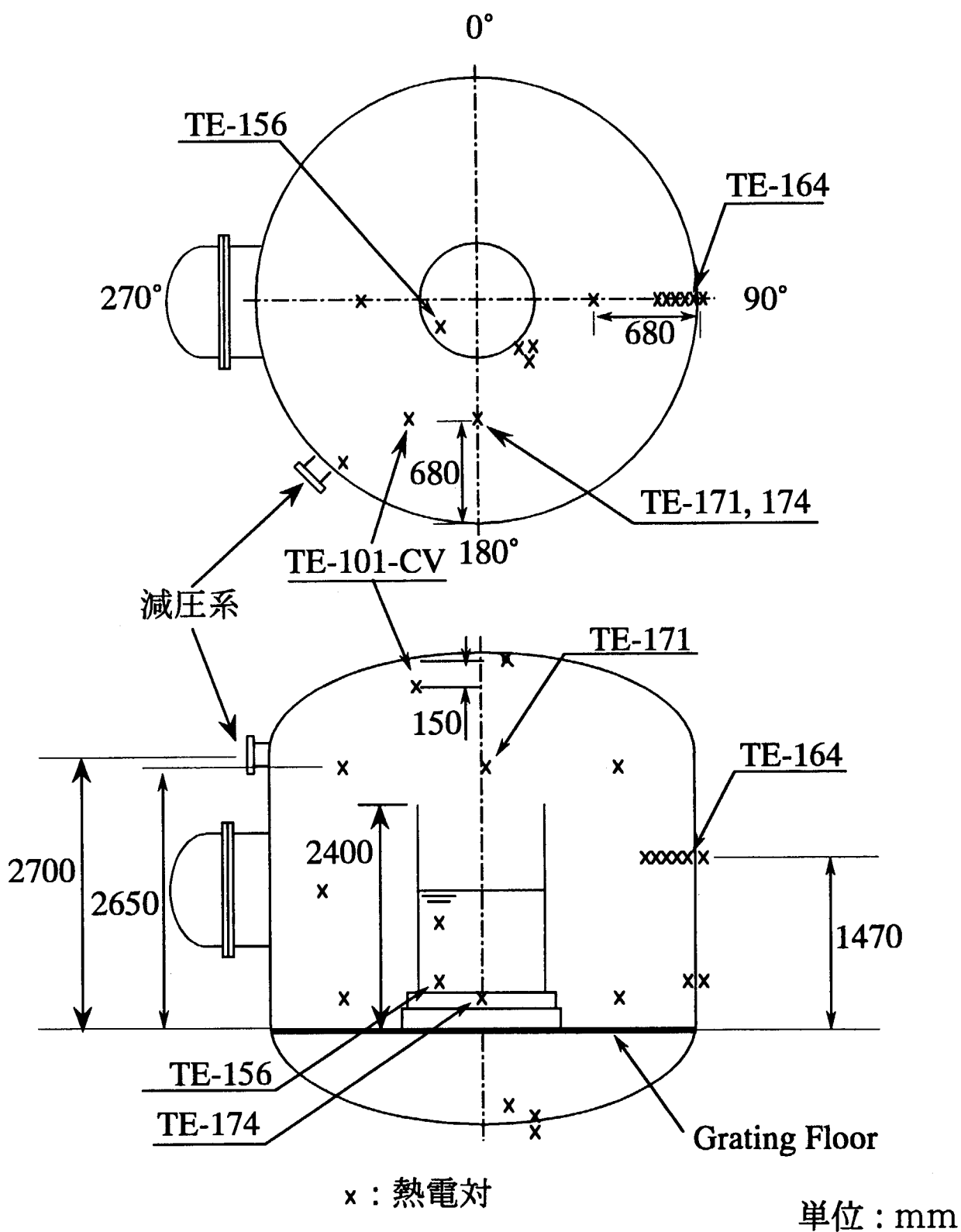


図 3. 31 エアロゾル挙動試験熱電対取り付け位置

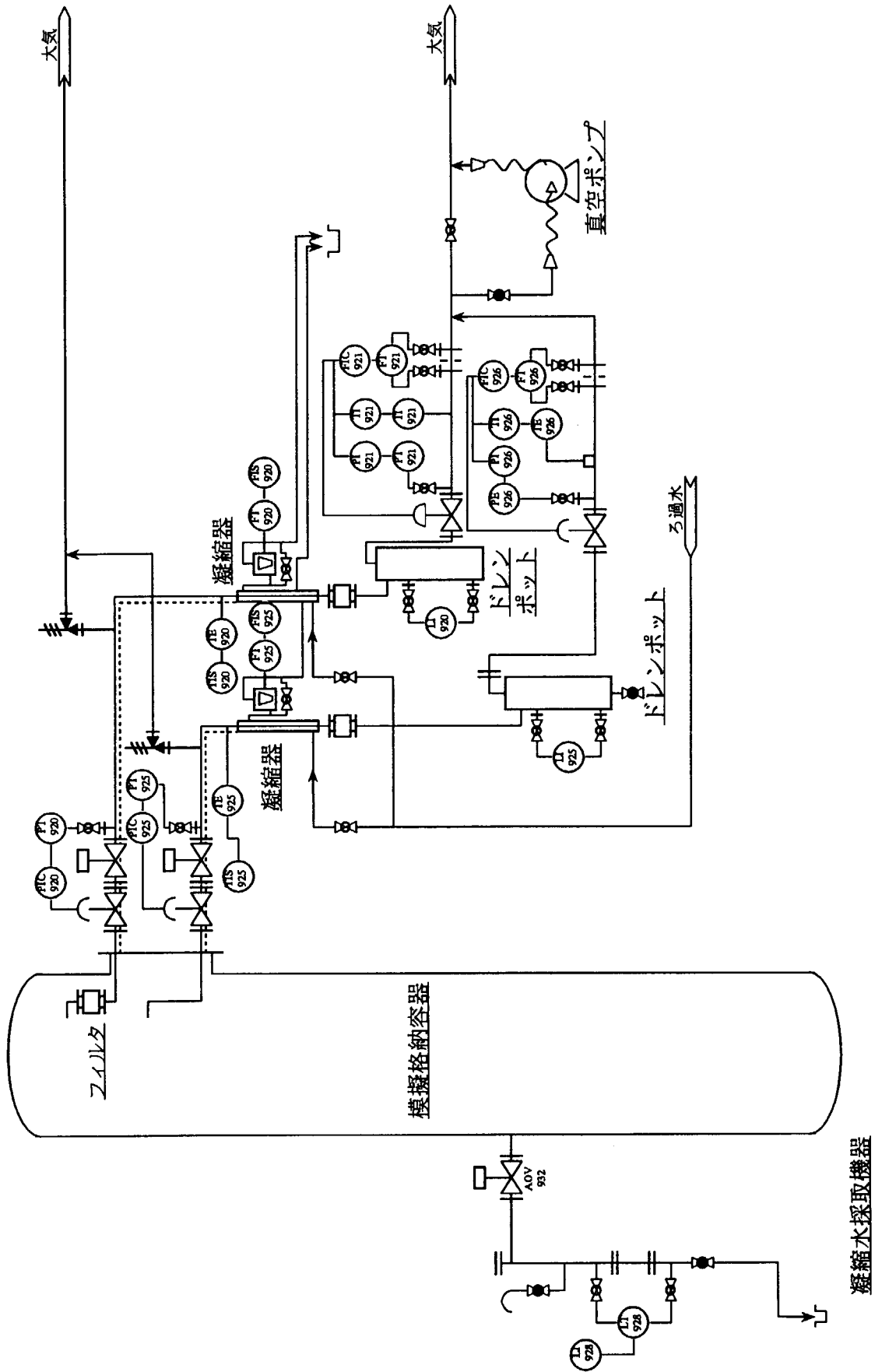


図 3. 3 2 エアロゾル挙動試験雰囲気採取機器系統図

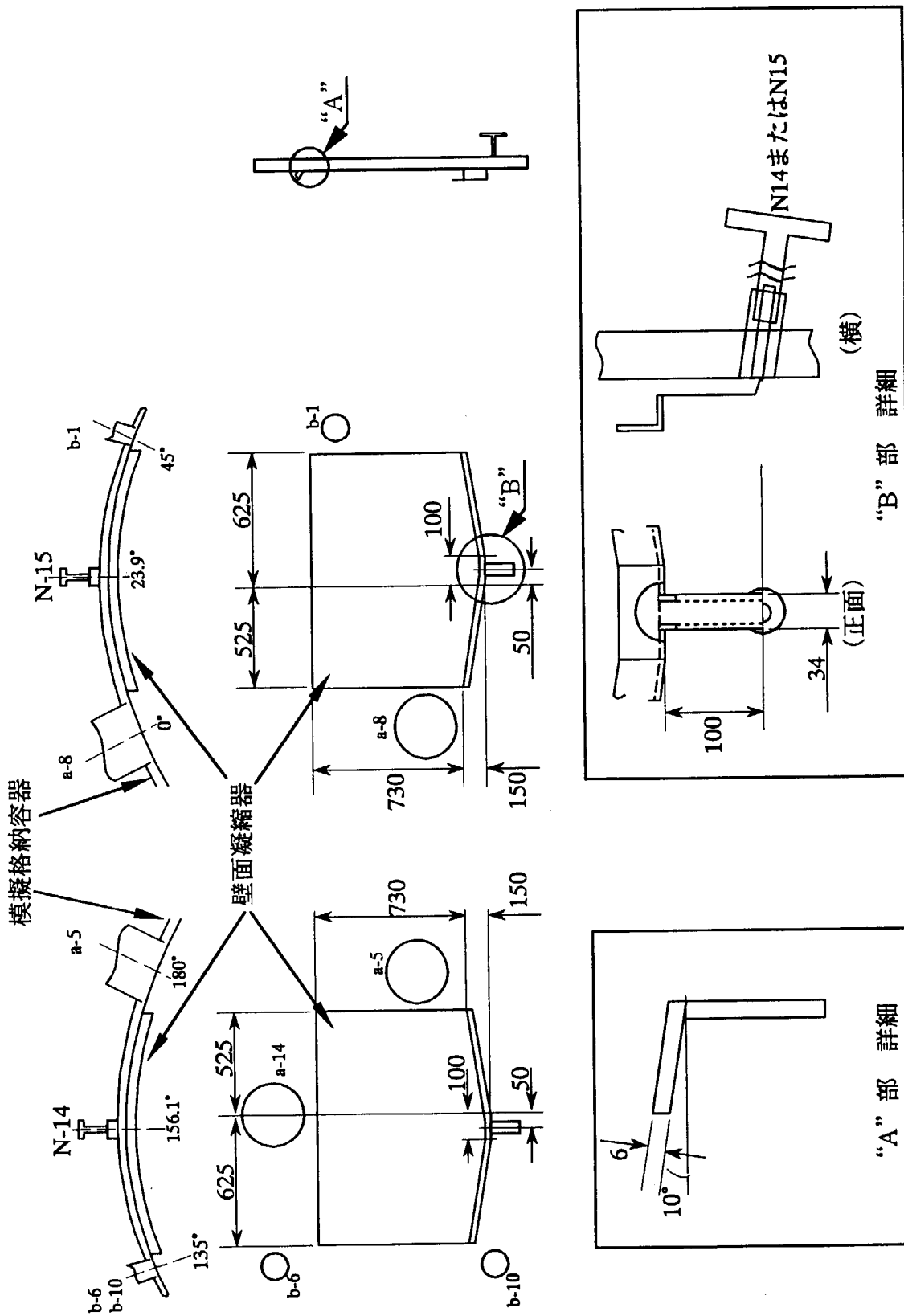


図 3. 33 エアロゾル挙動試験壁面凝縮測定装置

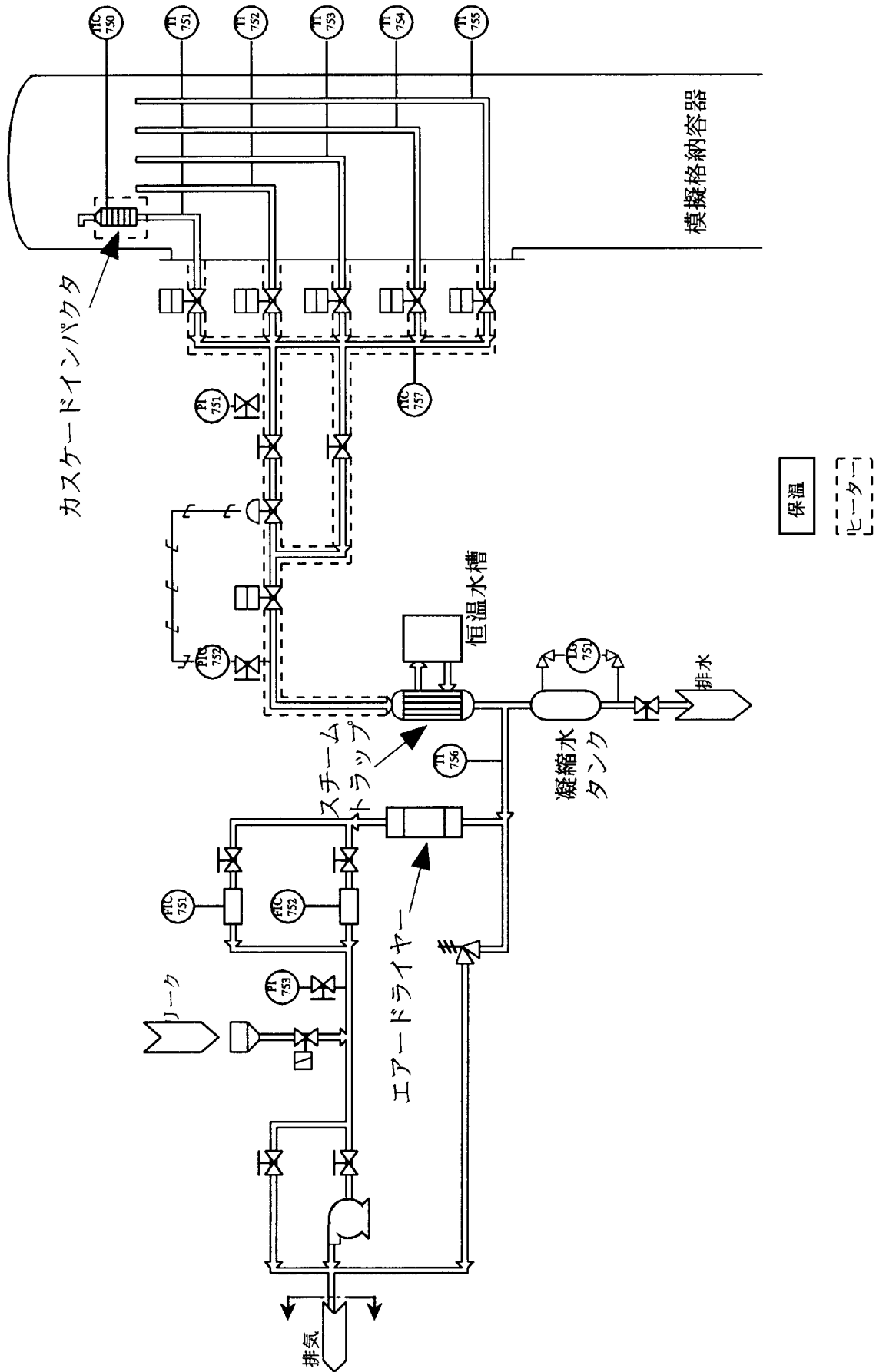


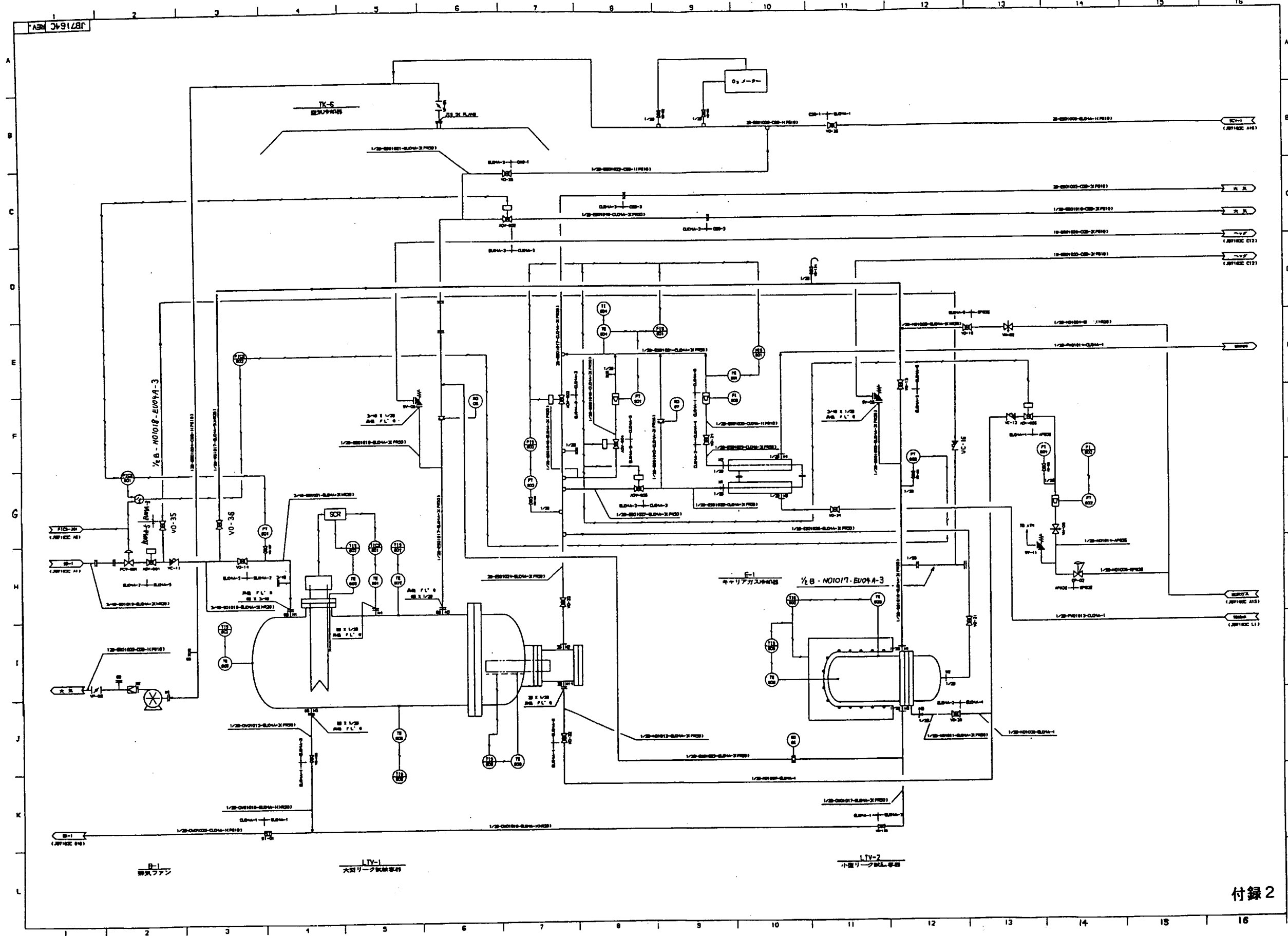
図 3. 3 4 ウェットベースエアロゾル採取装置の概念

付 録

- 付録1 事故時格納容器挙動試験装置系統図（1／6）
—模擬格納容器及び主要付帯設備—
- 付録2 事故時格納容器挙動試験装置系統図（2／6）
—リーク試験容器及び関連設備—
- 付録3 事故時格納容器挙動試験装置系統図（3／6）
—ガス・エアロゾル放出設備—
- 付録4 事故時格納容器挙動試験装置系統図（4／6）
—純水製造設備—
- 付録5 事故時格納容器挙動試験装置系統図（5／6）
—計装用圧縮空気供給設備—
- 付録6 事故時格納容器挙動試験装置系統図（6／6）
—計測・制御設備—

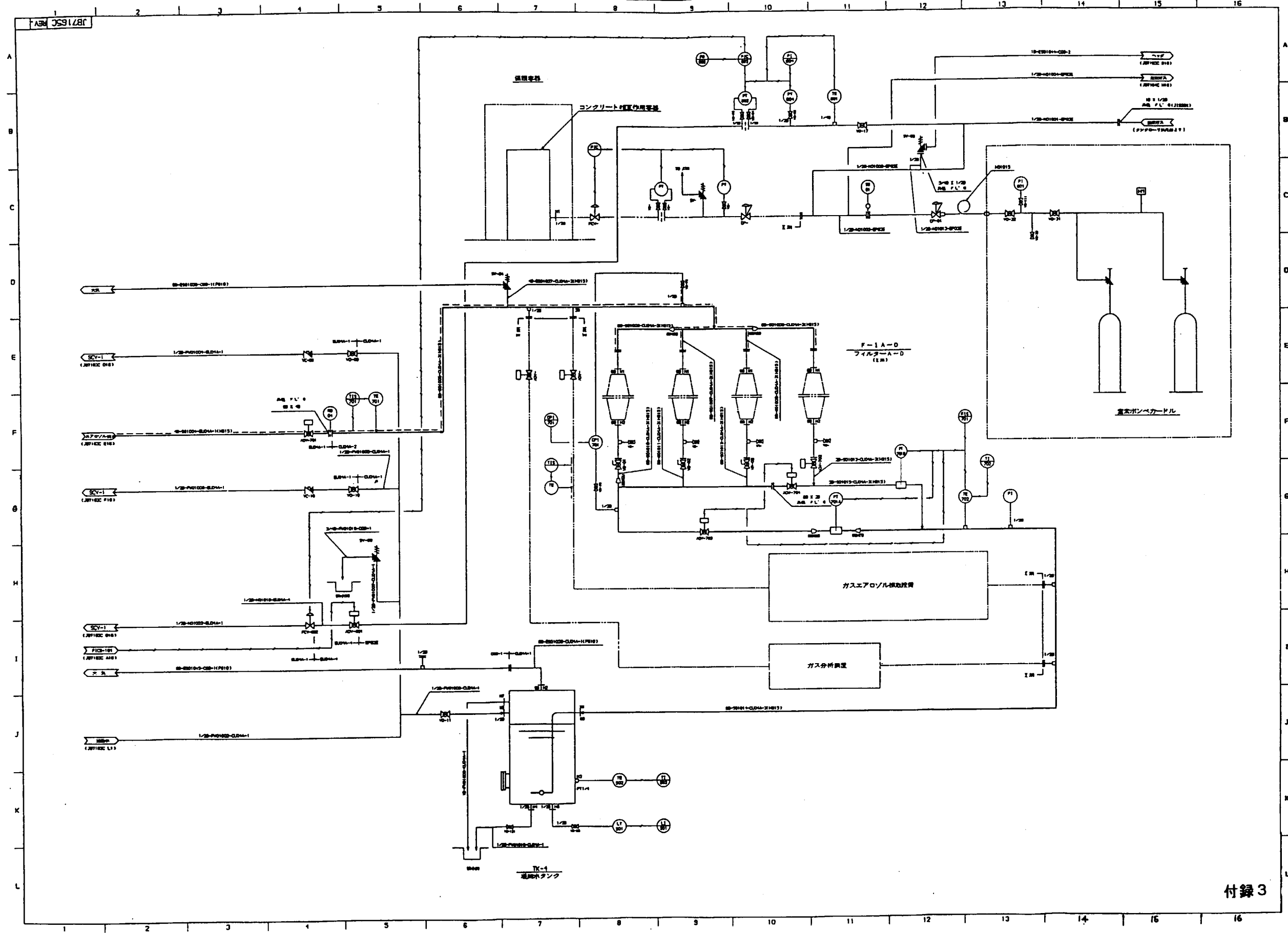
This is a blank page.

付録 系統図(2/6) リーク試験容器および関連設備



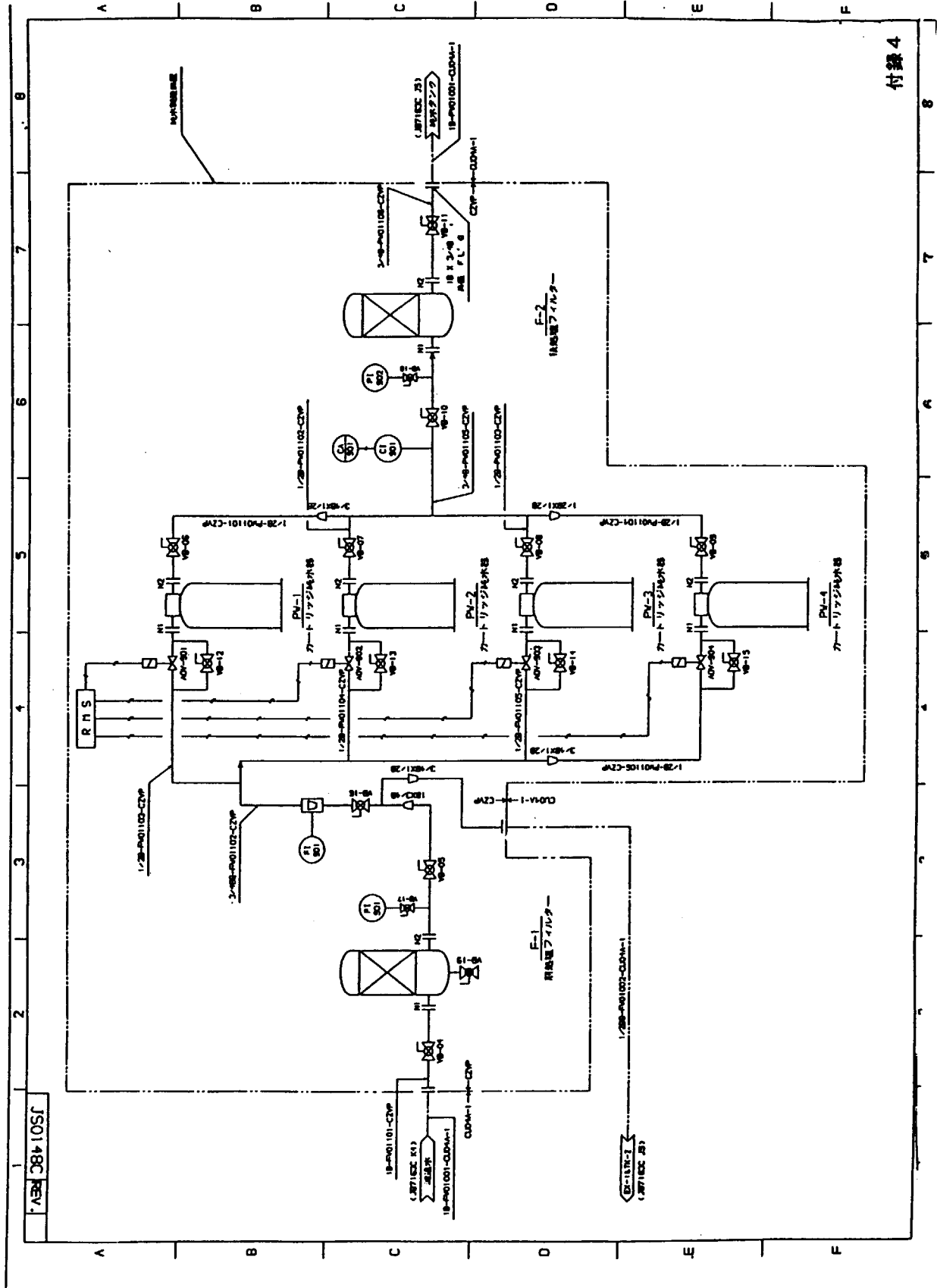
付録2

付録 系統図(3/6) ガス・エアロゾル放出設備



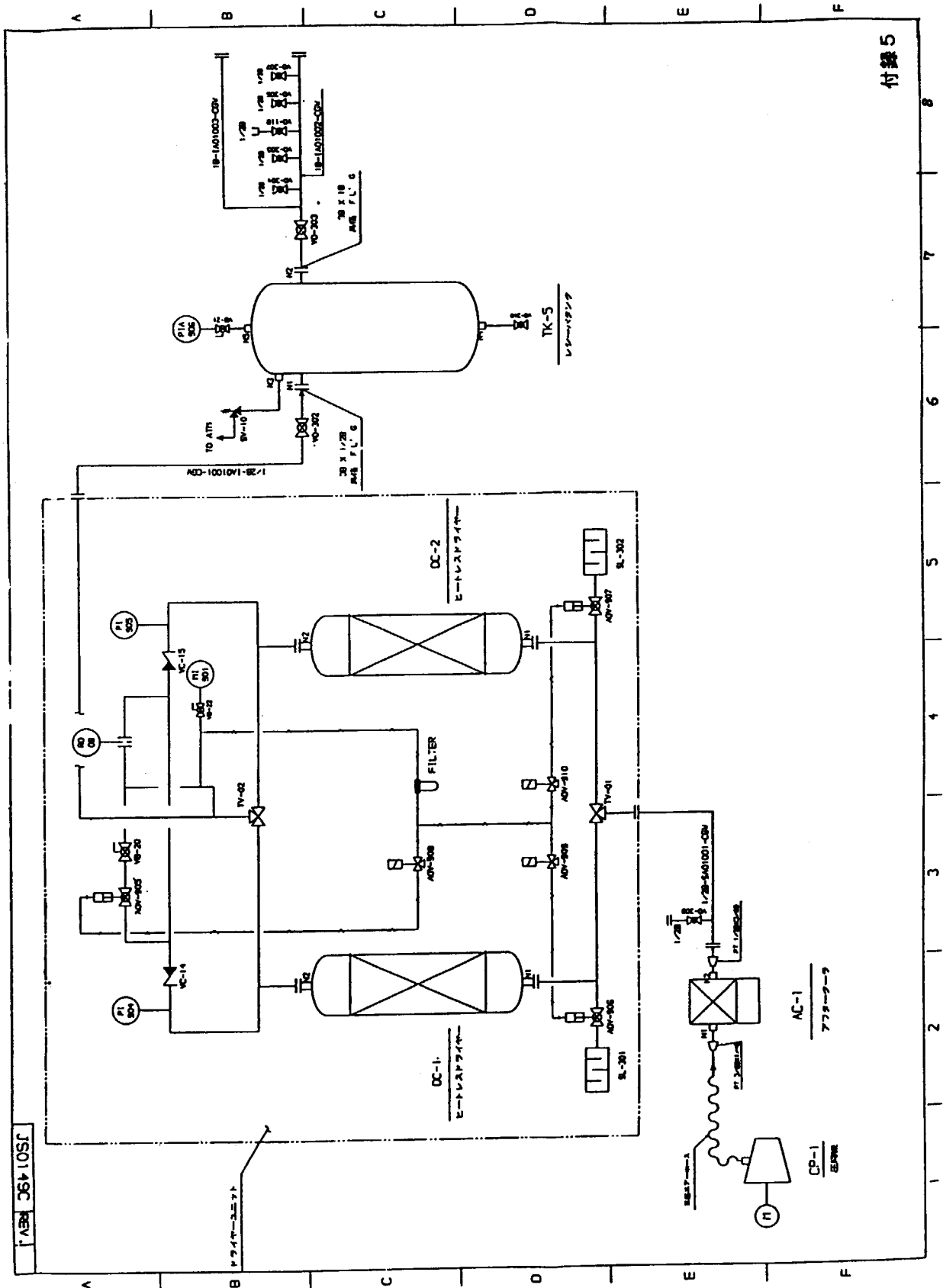
付録 3

付録 系統図(4 / 6) 純水製造装置



付録 4

付録 系統図(5 / 6) 計装用圧空供給設備



This is a blank page.

国際単位系 (SI) と換算表

表1 SI基本単位および補助単位

量	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd
平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr

表3 固有の名称をもつSI組立単位

量	名称	記号	他のSI単位による表現
周波数	ヘルツ	Hz	s ⁻¹
力	ニュートン	N	m·kg/s ²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N·m
工率, 放射束	ワット	W	J/s
電気量, 電荷	クーロン	C	A·s
電位, 電圧, 起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラド	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V
磁束	ウェーバ	Wb	V·s
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度	°C	
光度	ルーメン	lm	cd·sr
照射度	ルクス	lx	lm/m ²
放射能	ベクレル	Bq	s ⁻¹
吸収線量	グレイ	Gy	J/kg
線量当量	シーベルト	Sv	J/kg

表2 SIと併用される単位

名称	記号
分, 時, 日	min, h, d
度, 分, 秒	°, ', "
リットル	l, L
トン	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u

1 eV = 1.60218 × 10⁻¹⁹ J
1 u = 1.66054 × 10⁻²⁷ kg

表4 SIと共に暫定的に維持される単位

名称	記号
オングストローム	Å
バ	b
バール	bar
ガリ	Gal
キュリー	Ci
レントゲン	R
ラド	rad
レム	rem

1 Å = 0.1 nm = 10⁻¹⁰ m
1 b = 100 fm = 10⁻²⁸ m²
1 bar = 0.1 MPa = 10⁵ Pa
1 Gal = 1 cm/s² = 10⁻² m/s²
1 Ci = 3.7 × 10¹⁰ Bq
1 R = 2.58 × 10⁻⁴ C/kg
1 rad = 1 cGy = 10⁻² Gy
1 rem = 1 cSv = 10⁻² Sv

表5 SI接頭語

倍数	接頭語	記号
10 ¹⁸	エクサ	E
10 ¹⁵	ペタ	P
10 ¹²	テラ	T
10 ⁹	ギガ	G
10 ⁶	メガ	M
10 ³	キロ	k
10 ²	ヘクト	h
10 ¹	デカ	da
10 ⁻¹	デシ	d
10 ⁻²	センチ	c
10 ⁻³	ミリ	m
10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ⁻¹⁸	アト	a

(注)

- 表1-5は「国際単位系」第5版, 国際度量衡局 1985年刊行による。ただし, 1 eV および 1 uの値は CODATA の1986年推奨値によった。
- 表4には海里, ノット, アール, ヘクタールも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。
- barは, JISでは流体の圧力を表わす場合に限り表2のカテゴリーに分類されている。
- EC閣僚理事会指令では bar, barn および「血圧の単位」 mmHg を表2のカテゴリーに入れている。

換算表

力	N (=10 ⁵ dyn)	kgf	lbf
	1	0.101972	0.224809
	9.80665	1	2.20462
	4.44822	0.453592	1

粘度 1 Pa·s (=N·s/m²) = 10 P (ポアズ) (g/(cm·s))
動粘度 1 m²/s = 10⁴ St (ストークス) (cm²/s)

圧	MPa (=10 bar)	kgf/cm ²	atm	mmHg (Torr)	lbf/in ² (psi)
	1	10.1972	9.86923	7.50062 × 10 ³	145.038
力	0.0980665	1	0.967841	735.559	14.2233
	0.101325	1.03323	1	760	14.6959
	1.33322 × 10 ⁻⁴	1.35951 × 10 ⁻³	1.31579 × 10 ⁻³	1	1.93368 × 10 ⁻²
	6.89476 × 10 ⁻³	7.03070 × 10 ⁻²	6.80460 × 10 ⁻²	51.7149	1

エネルギー・仕事・熱量	J (=10 ⁷ erg)	kgf·m	kW·h	cal (計量法)	Btu	ft·lbf	eV
	1	0.101972	2.77778 × 10 ⁻⁷	0.238889	9.47813 × 10 ⁻⁴	0.737562	6.24150 × 10 ¹⁸
	9.80665	1	2.72407 × 10 ⁻⁶	2.34270	9.29487 × 10 ⁻³	7.23301	6.12082 × 10 ¹⁹
	3.6 × 10 ⁶	3.67098 × 10 ⁵	1	8.59999 × 10 ⁵	3412.13	2.65522 × 10 ⁶	2.24694 × 10 ²⁵
	4.18605	0.426858	1.16279 × 10 ⁻⁶	1	3.96759 × 10 ⁻³	3.08747	2.61272 × 10 ¹⁹
	1055.06	107.586	2.93072 × 10 ⁻⁴	252.042	1	778.172	6.58515 × 10 ²¹
	1.35582	0.138255	3.76616 × 10 ⁻⁷	0.323890	1.28506 × 10 ⁻³	1	8.46233 × 10 ¹⁸
	1.60218 × 10 ⁻¹⁹	1.63377 × 10 ⁻²⁰	4.45050 × 10 ⁻²⁶	3.82743 × 10 ⁻²⁰	1.51857 × 10 ⁻²²	1.18171 × 10 ⁻¹⁹	1

1 cal = 4.18605 J (計量法)
= 4.184 J (熱化学)
= 4.1855 J (15 °C)
= 4.1868 J (国際蒸気表)
仕事率 1 PS (仏馬力)
= 75 kgf·m/s
= 735.499 W

放射能	Bq	Ci
	1	2.70270 × 10 ⁻¹¹
	3.7 × 10 ¹⁰	1

吸収線量	Gy	rad
	1	100
	0.01	1

照射線量	C/kg	R
	1	3876
	2.58 × 10 ⁻⁴	1

線量当量	Sv	rem
	1	100
	0.01	1

事故時格納容器挙動試験(ALPHA)装置設計報告書I