

消防自動車を用いた HTTR の BDBA 拡大防止対策

Countermeasure Against Beyond Design Basis Accident of HTTR by Using Fire Engine

島崎 洋祐 地代所 達也 石井 俊晃 猪井 宏幸
飯垣 和彦

Yosuke SHIMAZAKI, Tatsuya JIDAISHO, Toshiaki ISHII, Hiroyuki INOI
and Kazuhiko IIGAKI

高速炉・新型炉研究開発部門

大洗研究所

高温ガス炉研究開発センター

高温工学試験研究炉部

Department of HTTR

HTGR Research and Development Center

Oarai Research and Development Institute

Sector of Fast Reactor and Advanced Reactor Research and Development

June 2024

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Technology

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。本レポートはクリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています。本レポートの成果（データを含む）に著作権が発生しない場合でも、同ライセンスと同様の条件で利用してください。（<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>）
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ウェブサイト（<https://www.jaea.go.jp>）より発信されています。本レポートに関しては下記までお問合せください。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究開発推進部 科学技術情報課
〒319-1112 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
E-mail: ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).
Even if the results of this report (including data) are not copyrighted, they must be used under the same terms and conditions as CC-BY.
For inquiries regarding this report, please contact Library, Institutional Repository and INIS Section, Research and Development Promotion Department, Japan Atomic Energy Agency.
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1112, Japan
E-mail: ird-support@jaea.go.jp

消防自動車を用いた HTTR の BDBA 拡大防止対策

日本原子力研究開発機構 高速炉・新型炉研究開発部門
大洗研究所 高温ガス炉研究開発センター
高温工学試験研究炉部

島崎 洋祐、地代所 達也⁺、石井 俊晃、猪井 宏幸、飯垣 和彦

(2024 年 3 月 21 日受理)

HTTR では、新規制基準への対応の一環として新たに多量の放射性物質等を放出するおそれのある事故(BDBA)の想定を行うとともに、BDBA の拡大防止対策を定めた。このうち、使用済燃料貯蔵プールに係る冷却水漏洩によって発生する BDBA の拡大防止対策においては、大洗研究所の消防自動車を BDBA の拡大防止対策機器として選定し、揚水性能等の要求性能を定めて検査で確認した。これにより、消防自動車は使用前事業者検査に合格し、HTTR の運転再開に貢献した。

Countermeasure Against Beyond Design Basis Accident of HTTR by Using Fire Engine

Yosuke SHIMAZAKI, Tatsuya JIDAISHO⁺, Toshiaki ISHII, Hiroyuki INOI and Kazuhiko IIGAKI

Department of HTTR, HTGR Research and Development Center
Oarai Research and Development Institute
Sector of Fast Reactor and Advanced Reactor Research and Development
Japan Atomic Energy Agency
Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received March 21, 2024)

HTTR has newly assumed Beyond Design Basis Accident (BDBA) as part of conformity assessment with the new regulatory standards and has established measures to prevent the spread of BDBA. Among these measures, to prevent the spread of BDBA caused by cooling water leaks from spent fuel storage pool, the Oarai Research Institute's fire engine was selected as an equipment to prevent the spread of BDBA, and required performances such as pumping water performance were determined. After all required performances were confirmed by inspections, the fire engine passed the operator's pre-use inspection and contributed to the restart of the HTTR operations.

Keywords: High Temperature Engineering Test Reactor, Beyond Design Basis Accident, Spent Fuel Storage Pool, Fire Engine, Pumping Water Performance

⁺ Safety Administration Department, Oarai Research and Development Institute

目 次

1. はじめに	1
2. BDBA 対策機器としての消防自動車への要求	2
2.1 原子炉建家使用済燃料貯蔵プールに関する BDBA の想定	2
2.2 消防自動車を使用した BDBA の拡大防止の対策	3
2.3 消防自動車への要求性能	3
3. 消防自動車の揚水性能検査	5
3.1 揚水性能検査の方法	5
3.2 揚水性能検査の結果	6
4. 消防自動車の更新について	7
4.1 消防自動車の種類	7
4.2 工場等の立地条件	7
5. 結言	8
謝辞	8
参考文献	9

Contents

1. Introduction	1
2. Requirements for fire engines as BDBA countermeasure equipment	2
2.1 Assumption of BDBA for spent fuel storage pool	2
2.2 Countermeasure for BDBA by using fire engines	3
2.3 Performance requirement for fire engines	3
3. Pumping water performance inspection for fire engines	5
3.1 Method of pumping water performance inspections	5
3.2 Results of pumping water performance inspections	6
4. Consideration of renewal for fire engines	7
4.1 Types of fire engines	7
4.2 Requirement for factories location	7
5. Conclusions	8
Acknowledgements	8
References	9

This is a blank page.

1. はじめに

2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震及びそれに伴い発生した東京電力福島第一原子力発電所事故後、その反省から日本の原子力規制基準は大幅に見直され¹⁾、新規制基準として新たに設計基準を超える事故への対策に係る規制が導入された。これを受けて、日本原子力研究開発機構(原子力機構)の大洗研究所に設置されている HTTR²⁾(高温工学試験研究炉: High Temperature engineering Test Reactor)においても、新たに「多量の放射性物質等を放出するおそれのある事故(BDBA: Beyond Design Basis Accident)」を想定した³⁾。

HTTRにおけるBDBAとしては、原子炉本体に係るBDBAと使用済燃料貯蔵設備に係るBDBAを想定しており、使用済燃料貯蔵設備に係るBDBAは、1)原子炉建家使用済燃料貯蔵プールに関するBDBAと2)使用済燃料貯蔵建家使用済燃料貯蔵セルに関するBDBAを想定している。このうち、「1)原子炉建家使用済燃料貯蔵プールに関するBDBA」では、通常時にプール水を冷却しているプール水冷却浄化設備、非常用発電機等が簡易な補修で復旧できない場合、消防自動車を使用してHTTR機械棟の共用水槽又は大洗研究所内にある夏海湖の水を使用済燃料貯蔵プールに注水する対策を実施することとしている⁴⁾。この対策では、消防自動車や消防用ホース等をBDBAの拡大防止対策機器として利用することから、消防自動車等を設計及び工事の計画の認可(以降、「設工認」と記載する)の対象機器とした。

設工認の対象機器とした消防自動車の設計仕様を定める際、実際の使用において重要となる要素の一つとして、消防自動車を基準として「高低差6.5m以上の条件下で揚水が可能なこと」が挙げられる。本設計仕様を定めたことから実際に性能が担保されているのかを確認するための検査が必要となった。この性能に関する確認検査は、大洗研究所で管理している消防自動車の販売元である日本機械工業株式会社にとっても初となる性能の確認であった。このため、品質マネジメント活動を実施した上で、実際に高低差6.5mの条件下で揚水の可否を確認する検査を実施した。この結果、設定された条件下で機能が要求を満足することを確認した。使用前事業者検査では、この記録を用いて検査を受検し合格した。また、本BDBAの拡大防止対策機器として、大洗研究所の既存の消防自動車を使用することとしたため、予算削減及び短期間での審査対応が可能となった。

なお、試験研究炉のBDBAの拡大防止対策機器として、消防自動車の設計仕様として「高低差6.5m以上を揚水できること」という条件を取り入れたのは初めての試みとなった。これにより、HTTRは2020年6月に新規制基準への適合に対する原子炉設置変更許可を取得し、2021年4月に設計及び工事の計画の認可(全4分割)を取得し、2021年7月に運転を再開した^{5,6)}。

本報では、原子炉建家使用済燃料貯蔵プールに関するBDBA対応として実施した消防自動車の性能検査について報告する。

2. BDBA 対策機器としての消防自動車への要求

2.1 原子炉建家使用済燃料貯蔵プールに関する BDBA の想定

新規制基準では、新たに設計基準を超える事故に対する対策の規制が強化され、HTTR においても新たに BDBA を想定した。HTTR では、BDBA として 3 つの原子炉に係る BDBA と 2 つの使用済燃料貯蔵設備に係る BDBA を想定している。このうち、使用済燃料貯蔵設備に係る BDBA については、以下の 2 つの設備に関する BDBA を想定している³⁾。

- 1) 原子炉建家使用済燃料貯蔵プール
- 2) 使用済燃料貯蔵建家使用済燃料貯蔵セル

原子炉建家使用済燃料貯蔵プールに関する BDBA の想定及び評価は、以下のとおりである⁴⁾。

- ・ 原子炉建家内のプール水冷却浄化設備の冷却機能が、地震等の外部事象を含む何らかの原因により喪失する。
- ・ 評価においては、解析モデルの上端は断熱とし、側面及び下面は貯蔵ラック表面のプール水の自然対流を考慮した熱伝導、また貯蔵プール周囲のコンクリートへの放熱を考慮する。使用済燃料の評価条件として、原子炉設置変更許可申請書に記載されている核設計値を基に濃縮度は平均濃縮度である 5.9 wt%、燃焼度は炉心全体の平均燃焼度である 22,000 MWd/t とし、保守的な条件として、燃料の炉内からの取出し及び使用済燃料貯蔵プールへの貯蔵までの期間を理想的な条件で最速で実施した場合の期間である原子炉停止後 40 日経過と設定し、これらの条件の使用済燃料 150 体(1 炉心)を貯蔵しているものとする。加えて、貯蔵ラック計算モデルでは下部及び側部を断熱条件として設定した。
- ・ 図 2.1 に示す位置で貯蔵プールの外に設置されている配管が破損したことを想定した場合、使用済燃料貯蔵プール水の流出(瞬時流出とした想定)によりプール水冷却浄化設備の冷却機能が喪失するため、使用済燃料貯蔵プール水の温度は徐々に上昇し、約 15 日で 100 °C に到達する。この場合の使用済燃料貯蔵プール水の温度評価例を図 2.2 に示す⁴⁾。
- ・ その後、使用済燃料貯蔵プール水の蒸発により冠水維持できなくなると、空気への自然対流熱伝達による冷却により燃料温度は約 130 °C/日 で上昇し、約 24 日で使用済燃料貯蔵ラックの温度は強度を確保できなくなる 800 °C に至る。
- ・ その後、使用済燃料の温度はさらに上昇し、燃料の許容設計限界温度である 1,600 °C に至るおそれがあり、使用済燃料が破損に至る可能性がある。
- ・ 図 2.3 に示すように逆止弁と使用済燃料貯蔵プールより低い位置に設置されている配管が破断し、サイフォン効果により使用済燃料貯蔵プール水の全量が流出することを仮定した場合、使用済燃料貯蔵ラックの温度は約 6 日で 800 °C に至り、その後使用済燃料が破損する可能性がある。

ただし、サイフォン効果によりプール水位の低下が発生した場合でも、プール水位低下を示す警報が約 3 分後に発信され、これをもとにサイフォンブレイクのための措置を講ずることで、プール水の流出は通常水位より 60 cm 低下しないまでに止めることができる。

2.2 消防自動車を使用したBDDBの拡大防止の対策

原子炉建家使用済燃料貯蔵プールにおいて、プール水冷却浄化設備が冷却機能を喪失する事故が発生した場合、燃料の許容設計限界温度である1,600℃を超えることで使用済燃料が破損し、多量の放射性物質等の放出のおそれがあることから、事故の拡大防止及び放射性物質の放出による被ばくの影響を緩和するために以下のような措置を講ずる⁴⁾。

- a. プール水冷却浄化設備のポンプ及び非常用発電機が簡易な補修等により復旧可能な場合は復旧し、使用済燃料をできるだけ早く冷却する。
- b. プール水冷却浄化設備が復旧できない場合、純水供給設備のポンプが簡易な補修等により復旧可能な場合は拡大防止のために復旧し、使用済燃料をできるだけ早く冷却する。
- c. 純水供給設備が復旧できない場合、拡大防止及び影響緩和のために共用の消防自動車から純水供給配管(補給水系配管)の接続口に仮設ホース等を接続し、使用済燃料貯蔵プールに注水を行う。
- d. HTTR 機械棟の共用水槽及び夏海湖の貯水等の水源を利用する。
- e. 可搬型計器等により水位を確認する。本監視に必要な盤については、基準地震動による地震力に対して十分な耐震性を有する設計とする。

上記 c. 及び d. に関しては、消防自動車を使用して、水源からの水をHTTR原子炉建家付近に運び、注水することを意味する。大洗研究所の消防自動車を図 2.4 に示す。また、使用済燃料貯蔵プールへの注水イメージ及び緊急注水用ホース接続イメージを図 2.5 及び図 2.6 に示す。

2.3 消防自動車への要求性能

上記の対策を実施するため、設工認申請書において、消防自動車の設計条件を以下とした⁷⁾。

- 1) 消防用吸管を用いて、HTTR 機械棟の貯水槽、夏海湖から消防自動車の水槽へ揚水できること。
- 2) 消防自動車から補給水系配管まで(距離:約 40 m)を送水できること。
- 3) 使用済燃料貯蔵プールに1日当たり3.0 m³給水できること。

この設計条件を満足するための設計仕様を以下とした。

- 1) 高低差 6.5 m 以上を揚水できること。
- 2) ポンプが動力消防ポンプの技術上の規格を定める省令におけるB-2級以上
- 3) 1.0 m³以上の水槽を装備していること。

高低差は、過去数年間の夏海湖の水位を基にして、図 2.7 に示す揚水の実施を想定している取水位置に消防自動車を駐車した場合の吸水口の下端から夏海湖の水面までの高低差を約 6 m と想定し、さらに 0.5 m の余裕を見込んで 6.5 m と設定した。

HTTR 機械棟の共用水槽は、機械棟の地上階の床面から水槽の底までの高低差が約 2 m であることから、最大でも高低差は約 3 m と想定されるため、設計仕様を満足する消防自動車により揚水が可能である。HTTR 機械棟の共用水槽及び夏海湖からの揚水からの揚水のイメージを図 2.8 及び図 2.9 に示す。

使用済燃料貯蔵プールへの注水を行うための機器として設工認申請書に記載した機器を表 2.1 に示す。消防ポンプの性能は、動力消防ポンプの技術上の規格を定める省令にて定められており、各級と級別の性能は表 2.2 に示すとおりである。この中で B-2 級の消防ポンプは、一般的に可搬型消防ポンプに使用されており、カタログ等から性能上 6.5 m の揚水が可能であることを確認している。使用済燃料貯蔵プールへ注水するためには、約 40 m を送水する必要があるが、注水は地上に駐車した消防自動車から地下にある配管まで送水することとなるため、放水性能を特に要求するものではない。なお、約 40 m は一般的な消防用ホース 2 本分であり、B-2 級の消防ポンプであれば十分送水可能である。

他の試験研究炉において、プール等へ注水するために可搬型消防ポンプ等の使用を定めている場合があるが、設計仕様としては、消防用ポンプの級で送水性能を定めており、揚水性能を設計仕様として定めていることは HTTR の特徴的なポイントである。

消防自動車の水槽の容量は、1日の使用済燃料貯蔵プールの水の蒸発量を保守的に 3.0 m³ と評価し、1日に3回注水することを想定して 1.0 m³ と設定した。大洗研究所内の消防自動車の移動、揚水、注水に要する時間を考慮しても1日に3回の注水は十分に余裕を持って実施することができる。なお、図 2.10 に示す銘板のとおり、大洗研究所の消防自動車の水槽容量は設計仕様を上回る 1,500 L (1.5 m³) である。

3. 消防自動車の揚水性能検査

3.1 揚水性能検査の方法

設計仕様のうち「高低差 6.5 m 以上を揚水できること」を確認するための揚水性能検査は、消防自動車のメーカーである日本機械工業株式会社の八王子工場で行った。検査に当たっては、大洗研究所の消防自動車を八王子工場までトレーラで運搬し、工場内の水槽を使用して高低差 6.5 m 以上で揚水することで確認することとした。図 3.1 に工場における検査の様子を示す。本検査は、設工認申請書において、性能検査に位置付けられ、試験の記録により性能を確認するものである⁷⁾。このため、揚水性能検査は原子力機構担当者による立会検査とした。

なお、日本機械工業株式会社では、消防自動車の納品時の検査として、揚水性能 4.5 m が要求される場合はあるものの、それを越える 6.5 m の揚水性能検査を実施することはなく、特殊な検査であると同時に、特に製造から 20 年以上経過している大洗研究所の消防自動車にとっては厳しい条件であった。

(1) 品質マネジメント活動

大洗研究所の消防自動車は、保安管理部危機管理課が掌握する機器である。このため、揚水性能検査の実施に当たっては、一般的な消防活動に関する性能(車体が走行できることなどを含む)は保安管理部危機管理課にて確認し、BDDB 対策に関する性能(高低差 6.5 m 以上の揚水性能等)は高温工学試験研究炉部 HTTR 技術課にて確認するよう整理した。

揚水性能検査に関する品質マネジメント活動として、以下を実施した。

- 1) 揚水性能検査に関する調達管理は、高温工学試験研究炉部で定める“力量評価管理マニュアル(技術課)(HTTR-QAS-04)”に基づき調達管理の力量を付与された者が“大洗研究所調達管理要領(大洗 QAM-02)”に基づき実施した。
- 2) 検査立会者は、同じく“力量評価管理マニュアル(技術課)(HTTR-QAS-04)”に基づき検査業務の力量を付与された者から選出した。
- 3) 検査で使用される測定機器は、高温工学試験研究炉部で定める“監視機器及び測定機器の管理要領”に基づき、検査の実施者である日本機械工業株式会社にて校正・管理されているものを使用した。
- 4) 検査を実施する日本機械工業株式会社の品質マネジメント関連文書のうち、品質記録管理、検査・試験、教育・訓練、計測機器管理に関する品質マネジメント関連文書を確認し、適切な品質マネジメントシステムの下で力量を有する者により、校正・管理された測定機器を使用して適切に検査が実施されることを事前に確認した。

(2) 立会検査

大洗研究所の消防自動車は、購入から 20 年以上の間、車両としての点検等は行ってきたが、艀装の部分についてはメーカー等による定期的な点検を行ってこなかったことから、高低差 6.5 m 以上の揚水という厳しい条件を達成するため、立会検査の事前準備として経年劣化により性能の低下した部品

の交換を行った。具体的には、消防用吸管、グランドパッキン、吸水口や吐水口等のパッキン、止水弁、ドレンバルブなどの揚水性能に影響する(真空漏れの原因となる)部品の交換を行った。部品交換後に「動力消防ポンプの技術上の規格を定める省令」に定められている、1)ポンプの1の吸水口に当該吸水口と同径の標準吸管を取り付け当該吸管の外端をふさいだ状態において、真空ポンプを定格回転速度で回転を開始したときから30秒以内に当該外端における空気圧が回転を開始した時点の大気圧の84%に達すること及び2)真空ポンプを停止したときから30秒間における真空漏れが1.3 kPa以下であることについて簡易的な確認を行った。これにより、6.5 mの揚水性能検査を達成できる見込みであることを確認した。

立会検査は、以下の流れで実施した。

- 1) 検査において高低差を測定する巻尺及びレーザー距離計が校正・管理されていることを書面により確認した。併せて現物の確認も行った。
- 2) 日本機械工業株式会社の検査員が検査に必要な力量を有していることを書面により確認した。
- 3) 揚水に使用する消防用吸管が設工認の対象品であることを目視により確認した。
- 4) 消防自動車に設置されている水位計(フロート式)が水槽の水位と連動して動くことを目視により確認した。
- 5) 消防自動車の吸水口の下端から水面の高低差を検査員が測定し、その測定に立ち会うとともに巻尺及びレーザー距離計の数値を目視で確認することで高低差6.5 m以上を確認した。
- 6) 高低差6.5 mで揚水を行い、消防自動車に設置されている水槽の水位計が上昇することを確認した。

5)の高低差の測定の様子を図3.2に示す。高低差の測定は、水面に布を浮かべ治具を使用して行った。レーザー距離計を使用した測定の様子を図3.2(a)に示す。治具の先端にレーザー距離計を設置できるようになっており、また治具には水平器が取り付けられているため、図3.2(a)のような消防自動車の真下に水槽がない位置関係でも、吸水口の下端から水面までの距離がより正確に測定できるようになっている。巻尺(鋼製)を使用した測定の様子を図3.2(b)に示す。水面に浮かべた布まで鋼鉄製のチェーンを下ろし、治具を用いて吸水口下端の高さの位置に目印をつけ、チェーンの先端から目印までを鋼製巻尺で測定した。図3.3に水位計の上昇の様子を示す。

3.2 揚水性能検査の結果

揚水性能検査を行い「高低差6.5 m以上を揚水できること」を確認した。また、揚水性能検査は、日本機械工業株式会社の品質マネジメントシステムにより適切に実施されたことを確認した。併せて、大洗研究所及び高温工学試験研究炉部の品質マネジメント関連文書に従い実施されたことを確認した。また、揚水性能検査と合わせて、消防用ポンプの性能確認も実施した。性能確認の結果、大洗研究所の消防自動車の消防用ポンプは、A-2級に相当する性能を有していることが確認された。

4. 消防自動車の更新について

大洗研究所の消防自動車は、平成 10 年に納品された物であり、令和 5 年現在で約 25 年経過している。主に大洗研究所内を走行しているため走行距離は少ない状態であるが、メーカーからは更新を推奨されている。本章では、将来の更新に当たってのポイントを検討・整理した。

4.1 消防自動車の種類

現在、大洗研究所で所有している消防自動車は化学消防ポンプ自動車であるが、設工認を満足することに視点を置いた場合は、一般に販売されている水槽付消防ポンプ自動車で設計仕様を満足することができる。一般的に水槽付消防ポンプ自動車は、化学消防ポンプ自動車よりも低価格であり、導入費用を抑えることができる。しかし、泡消火剤を撒くことができる化学消防ポンプ車は、大洗町の消防活動への貢献も考慮すると、港や船の火災の観点から水槽付消防ポンプ自動車より貢献できる可能性がある。一方で、水槽付消防ポンプ自動車でも火点にある程度近付く必要はあるものの、一般に販売されているエアフォームノズル等を使用することにより泡消火剤を撒くことは可能である。このため、更新時の選択肢としては、使用目的や機能、導入費用、ステークホルダーとの関係を考慮した上で選択すべきと考えられる。

4.2 工場等の立地条件

設工認を満足するためには、消防自動車の製造時の納品前の検査として「高低差 6.5 m 以上を揚水できること」を確認する必要がある。また、納品後も年に 1 回の頻度で工場等に赴き立会検査にて揚水性能を確認する必要がある。さらに、原子炉運転時及び使用済燃料貯蔵プールに使用済燃料を貯蔵している期間に消防自動車の不具合が発生した場合は、速やかに不具合を復旧させる必要がある。このため、艀装部分に不具合が発生した場合においても、技術者の来訪又は消防自動車の工場等への搬入をより短時間で実施する必要がある。加えて、使用済燃料を貯蔵している期間において、揚水性能検査等のために大洗研究所から工場等に搬出していた時に BDBA が発生した場合は、早急に消防自動車を大洗研究所へ戻す必要がある。これらを考慮すると、揚水性能検査等を実施できる工場等が関東地方などの大洗研究所から日帰りできる範囲にあることが望ましい。

5. 結言

HTTR では、新規制基準への対応の一環として新たに BDBA の想定を行うとともに、BDBA の拡大防止対策を定めた。このうち、使用済燃料貯蔵プールに係る冷却水漏洩によって発生する BDBA の拡大防止対策においては、大洗研究所の消防自動車を使用することとし、拡大防止対策機器として選定した。選定した消防自動車の要求性能については、「高低差 6.5 m 以上を揚水できること」、「ポンプが動力消防ポンプの技術上の規格を定める省令における B-2 級以上」、「1.0 m³ 以上の水槽を装備していること」とし、メーカーでの部品交換により所定の性能を満足することを確認した。これにより、BDBA の拡大の防止対策機器としての使用前事業者検査を受検して合格し、HTTR の運転再開に貢献した。また、大洗研究所の消防自動車は、導入から約 25 年経過しているため、将来の更新についての考え方をまとめた。

謝辞

本報告書をまとめるに当たり、高速炉・新型炉研究開発部門大洗研究所高温ガス炉研究開発センター高温工学試験研究炉部 堀 直彦 次長に貴重なご意見を頂きました。また、性能検査では、日本機械工業株式会社の石原 聡史 氏、代理店である高坂防災株式会社の内藤 寿 氏をはじめ関係者の方々にご協力をいただきました。さらに、性能検査のための消防自動車の搬出入等においては、大洗研究所危機管理課消防チームの皆様にご協力いただきました。以上、記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 原子力規制委員会, “実用発電用原子炉に係る新規制基準について－概要－”, <https://www.nsr.go.jp/data/000070101.pdf> (参照 2023 年 11 月 22 日).
- 2) Nishihara, T., Xing, Y., Tachibana, Y., Shibata, T., Ohashi, H., Kubo, S., Inaba, Y., Nakagawa, S., Goto, M., Ueta, S., Hirota, N., Inagaki, Y., Iigaki, K., Hamamoto, S. and Kunitomi, K., “Excellent Feature of Japanese HTGR Technologies”, JAEA-Technology 2018-004, 2018, 182p.
- 3) Hamamoto, S. et al., “Improving the safety of the high temperature gas-cooled reactor ‘HTTR’ based on Japan’s new regulatory requirements”, Nuclear Engineering and Design, 388, (2022), 111642-1-111642-11.
- 4) 日本原子力研究開発機構, “日本原子力研究所大洗研究所設置変更許可申請書(完本)[別冊 3]”, (2021).
- 5) 日本原子力研究開発機構, “HTTR(高温工学試験研究炉)の新規制基準適合性に係る原子炉設置変更許可の取得について”, <https://www.jaea.go.jp/02/press2020/p20060301/> (参照 2023 年 11 月 22 日).
- 6) 日本原子力研究開発機構, “HTTR(高温工学試験研究炉)の運転再開について(お知らせ)”, <https://www.jaea.go.jp/02/press2021/p21073003/> (参照 2023 年 11 月 22 日).
- 7) 日本原子力研究開発機構, “国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所(北地区)の原子炉施設[HTTR(高温工学試験研究炉)]の変更に係る設計及び工事の計画の認可申請書[HTTRの変更(第4回申請)]の一部補正について(完本版)”, (2021).

表 2.1 使用済燃料貯蔵プールへの注水のために設工認申請書で申請した機器一覧

種類		数量	仕様
消防自動車		1 台	<ul style="list-style-type: none"> ・ポンプが動力消防ポンプの技術上の規格を定める省令における B-2 級以上 ・高低差 6.5 m 以上を揚水できること。 ・1.0 m³ 以上の水槽を装備していること。
緊急注水用 ホース	媒介金具	1 個	<ul style="list-style-type: none"> ・結合金具に接続する消防用接続器具の構造、性能等に係る技術基準に適合した媒介金具 (65A→40A) であること。
	消防用ホース	2 本	<ul style="list-style-type: none"> ・長さが合計で 40 m (20 m×2 本) 以上で呼称 40A であること。 ・消防用ホースの技術上の規格を定める省令に適合した消防用ホースであること。
	ネジ込み式フランジ	1 個	<ul style="list-style-type: none"> ・呼び径が 1B(25A) であること。
消防用吸管		1 本	<ul style="list-style-type: none"> ・長さが 10 m 以上であること。 ・消防用吸管の技術上の規格を定める省令に適合した消防用吸管であること。

表 2.2 消防用ポンプの級別と性能

ポンプの 級別	放水性能			
	規格放水性能		高圧放水性能	
	規格放水圧力 (MPa)	規格放水量 (m ³ /min)	高圧放水圧力 (MPa)	高圧放水量 (m ³ /min)
A-1	0.85	2.8 以上	1.4 (直列並列切替え型の ポンプは、1.7)	2.0 (直列並列切替え型の ポンプは、1.4) 以上
A-2	0.85	2.0 以上	1.4 (直列並列切替え型の ポンプは、1.7)	1.4 (直列並列切替え型の ポンプは、1.0) 以上
B-1	0.85	1.5 以上	1.4	0.9 以上
B-2	0.7	1.0 以上	1.0	0.6 以上
B-3	0.55	0.5 以上	0.8	0.25 以上
C-1	0.5	0.35 以上	0.7	0.18 以上
C-2	0.4	0.2 以上	0.55	0.1 以上
D-1	0.3	0.13 以上		
D-2	0.25	0.05 以上		

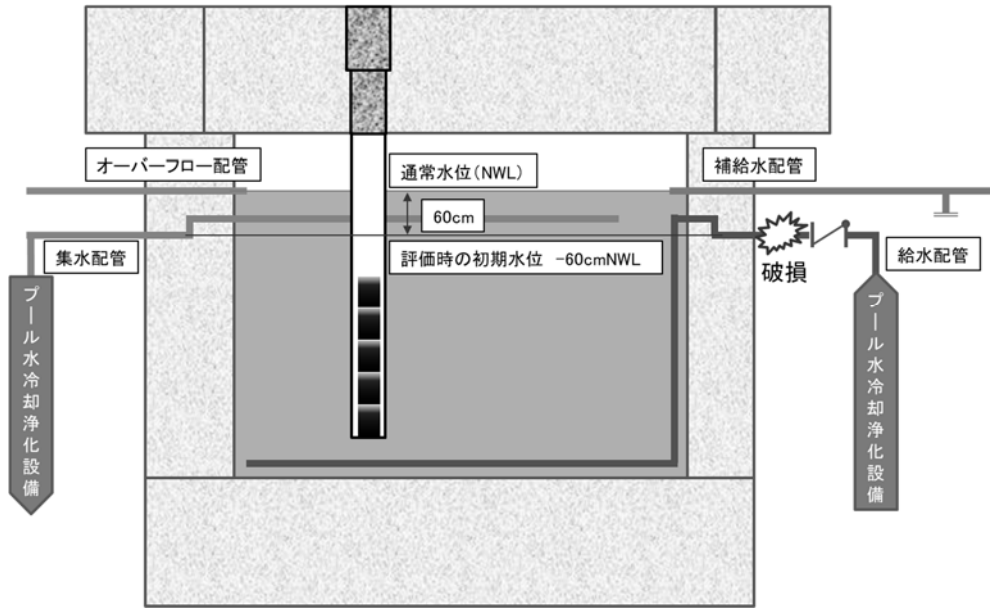


図 2.1 原子炉建家使用済燃料貯蔵プールに関するbdbaにおける配管破損のイメージ

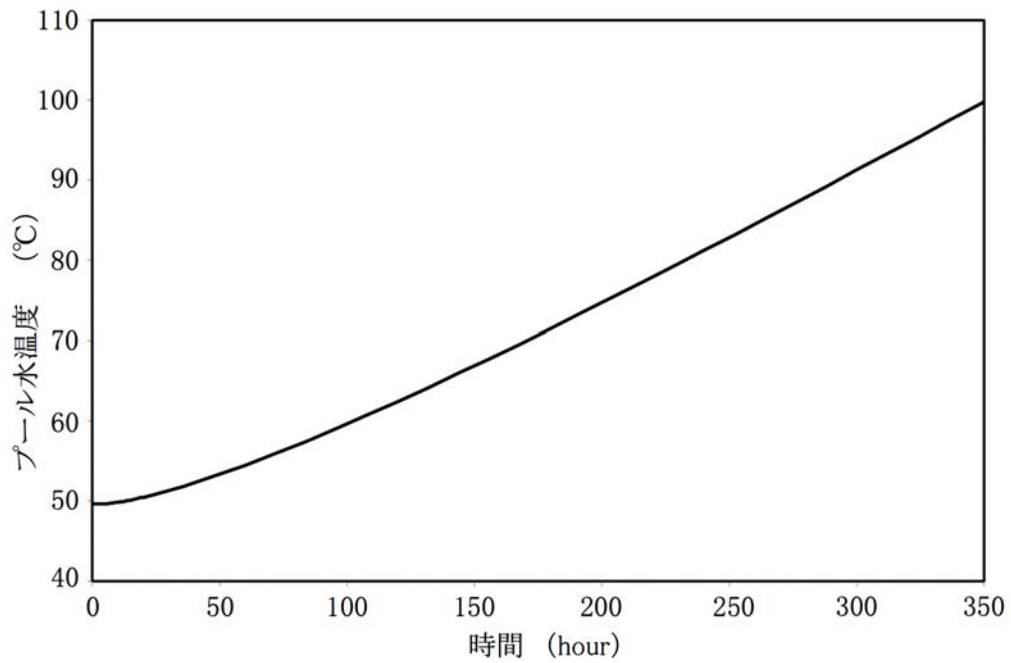


図 2.2 プール水冷却浄化設備の冷却機能が喪失した場合のプール水温度評価例

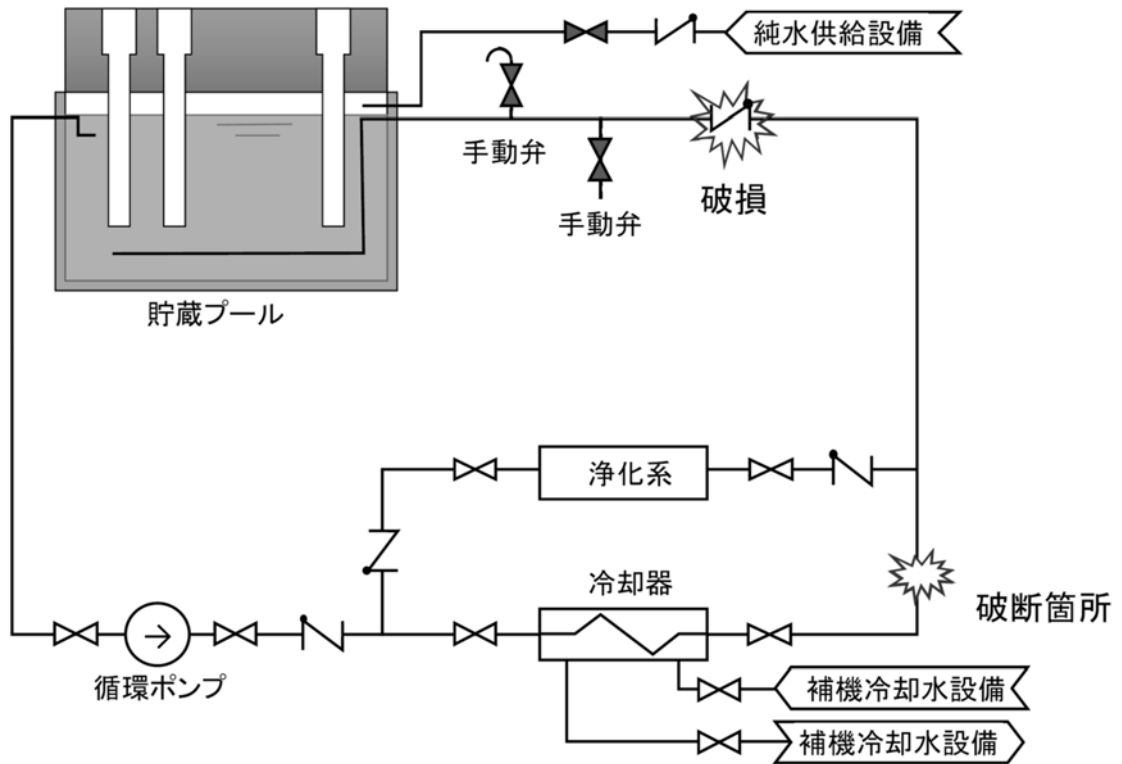


図 2.3 サイフォン効果により使用済燃料貯蔵プール水が流出する事象の破損の想定



(a) 前方からの外観



(b) 横方向からの外観

図 2.4 大洗研究所の消防自動車

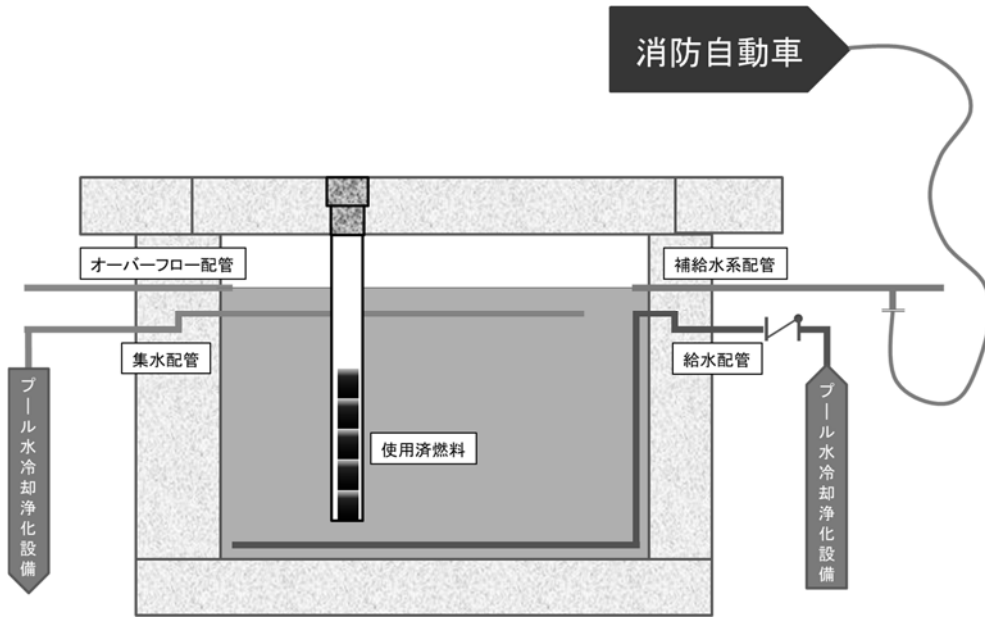


図 2.5 消防自動車から使用済燃料貯蔵プールへの注水イメージ

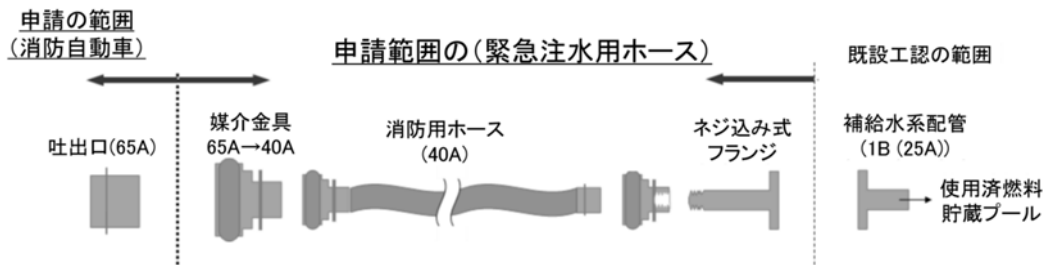


図 2.6 緊急注水用ホース接続イメージ

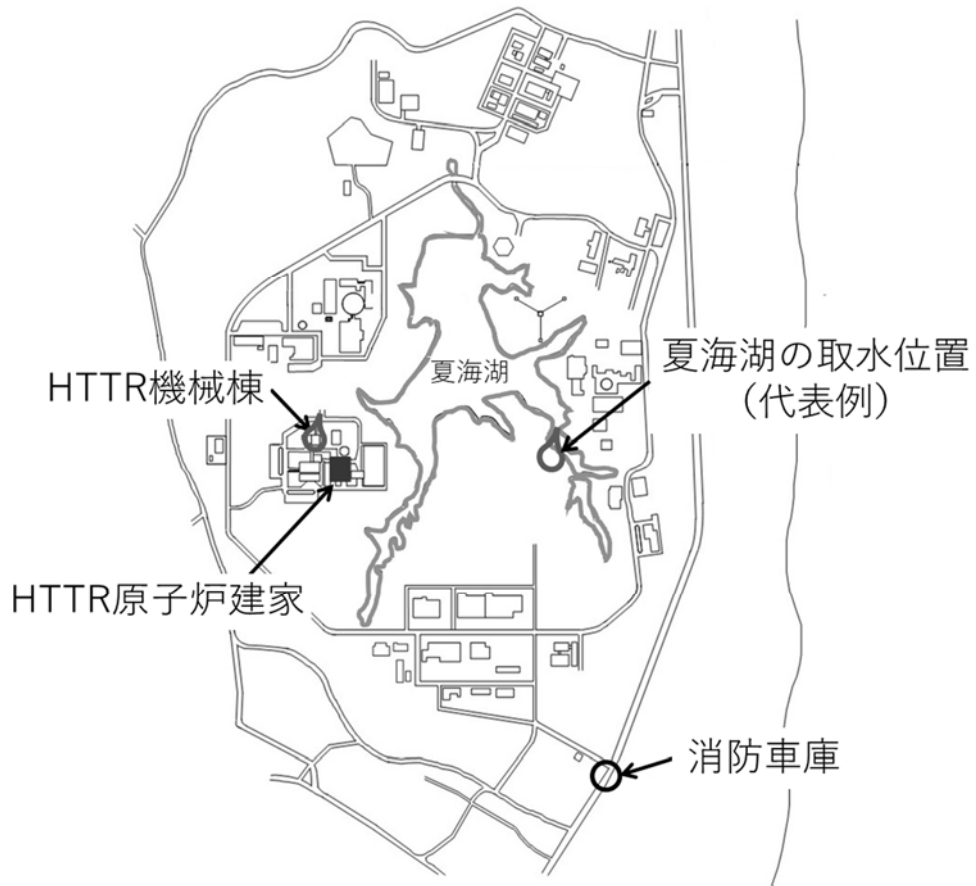
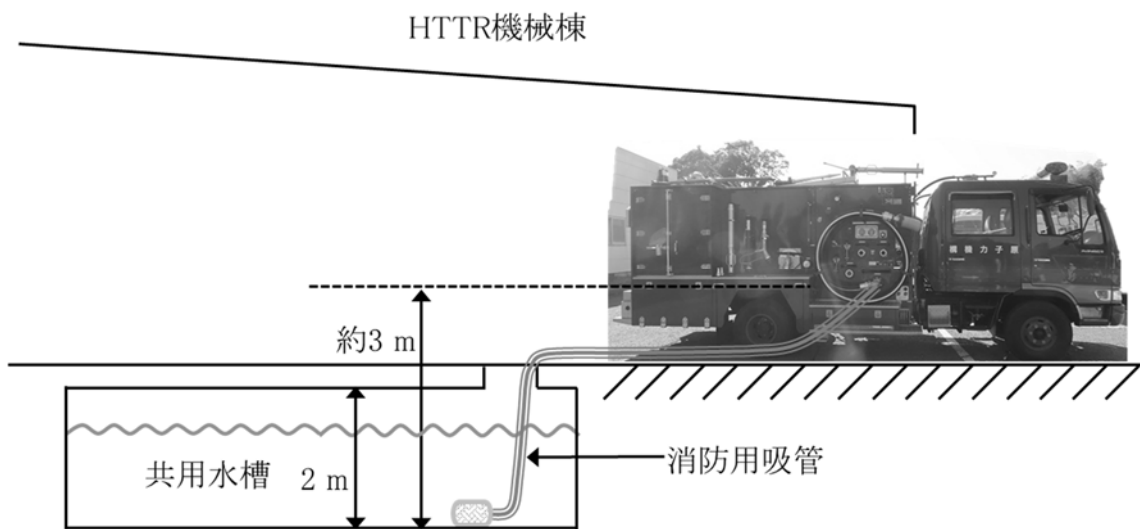


図 2.7 夏海湖からの取水位置(代表例)及び関連する建家の配置図

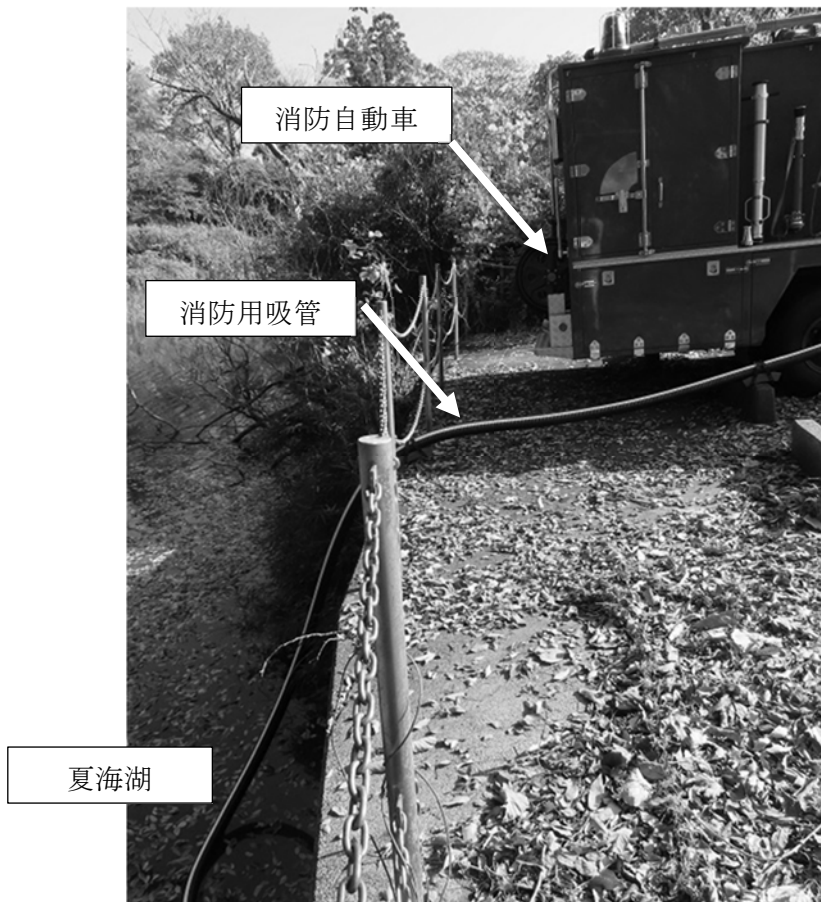


(a) 車両の停車位置及び消防用吸管の敷設



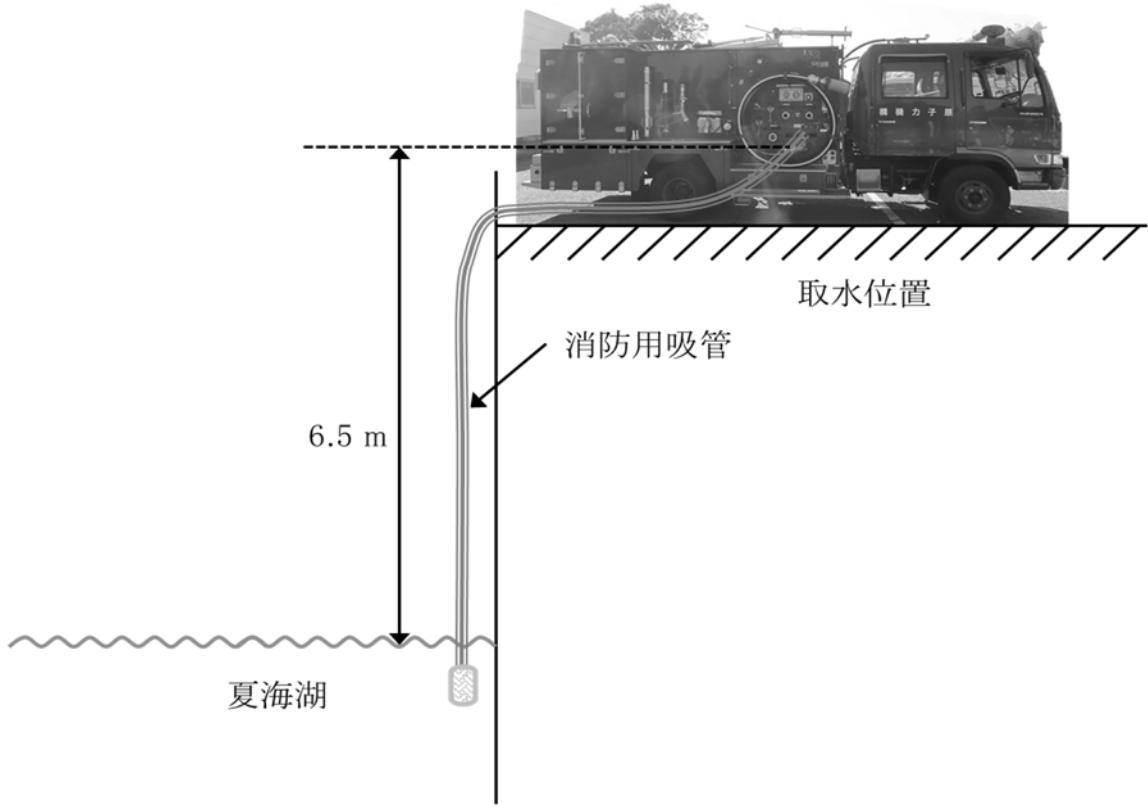
(b) 共用水槽と消防自動車の高低差

図 2.8 消防自動車による揚水時のイメージ(水源:HTTR 機械棟共用水槽)



(a) 車両の停車位置及び消防用吸管的敷設

図 2.9 消防自動車による揚水時のイメージ(水源:夏海湖)(1/2)



(b) 夏海湖と消防自動車の高低差

図 2.9 消防自動車による揚水時のイメージ(水源:夏海湖)(2/2)

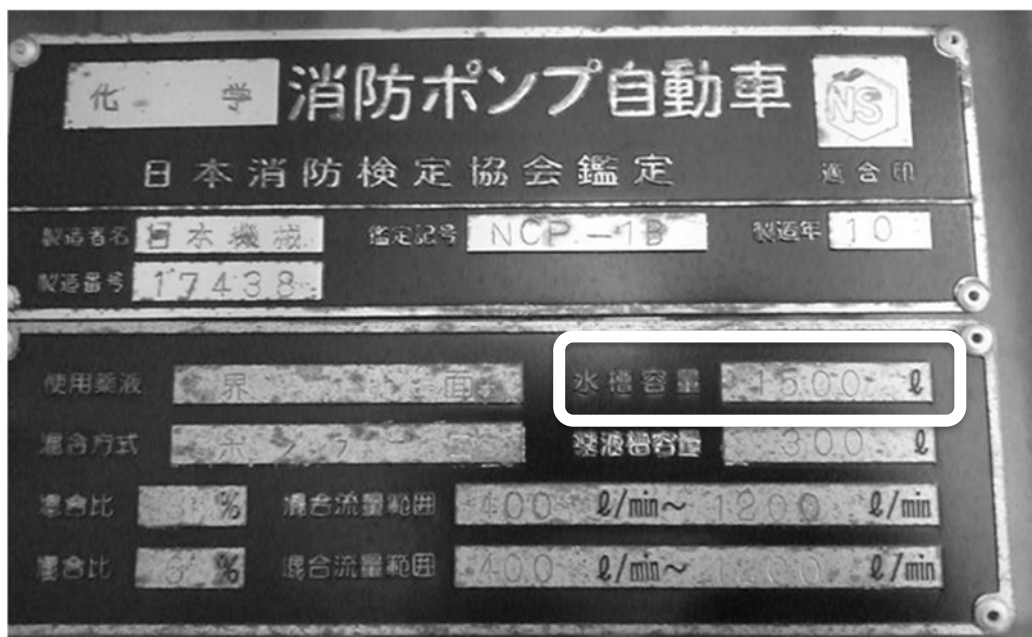


図 2.10 大洗研究所の消防自動車の水槽容量(铭板)

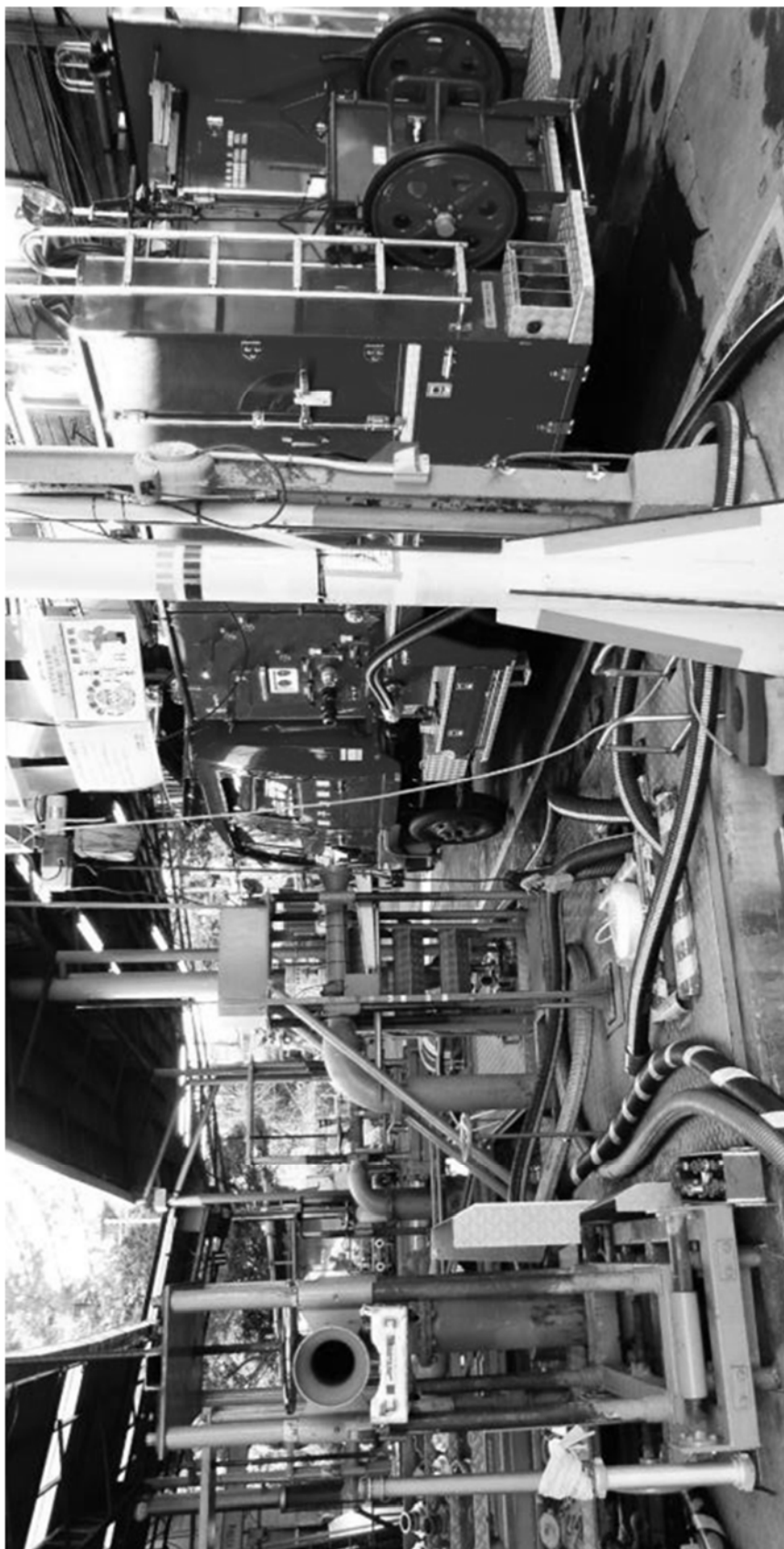
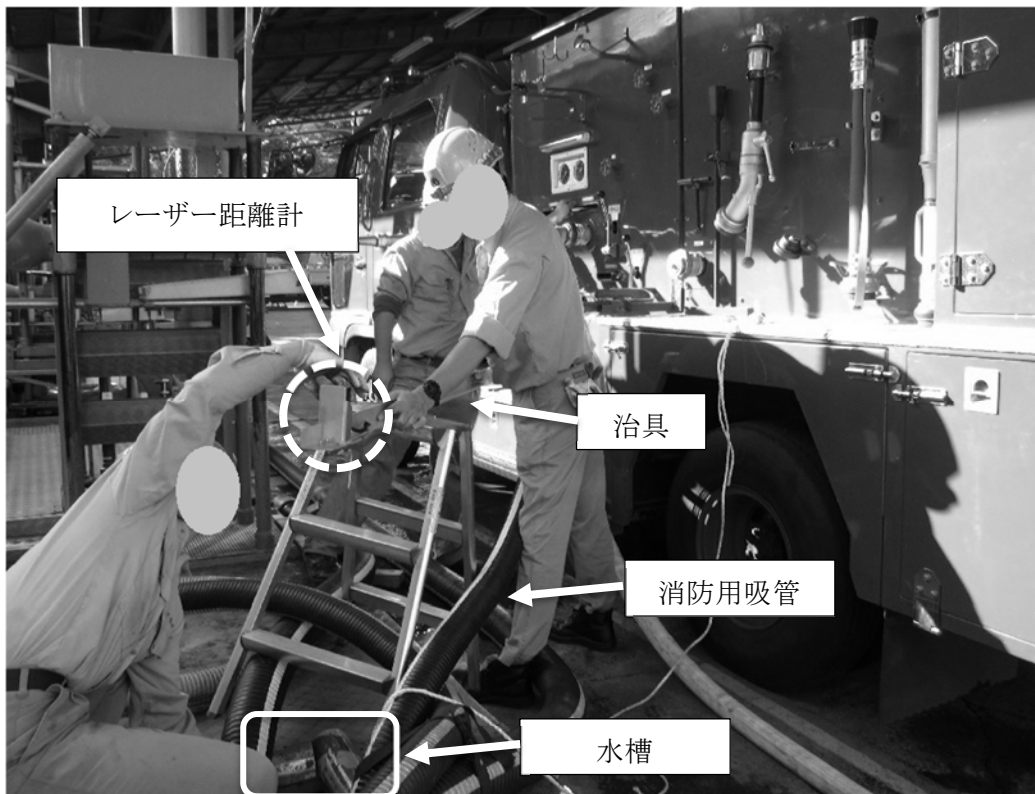
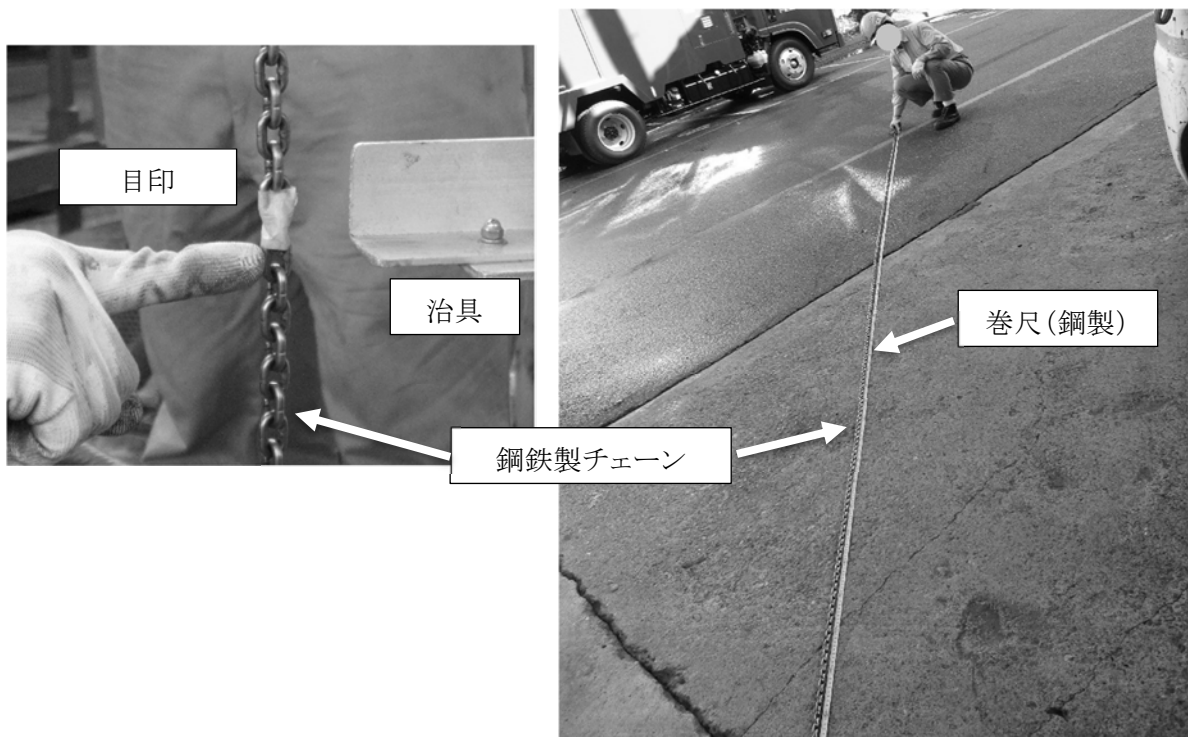


図 3.1 工場検査の様子
(場所：日本機械工業株式会社 八王子工場)



(a) レーザー距離計を使用した高低差の測定



(b) 巻尺(鋼製)を使用した高低差の測定

図 3.2 高低差の測定の様子

(場所: 日本機械工業株式会社 八王子工場)

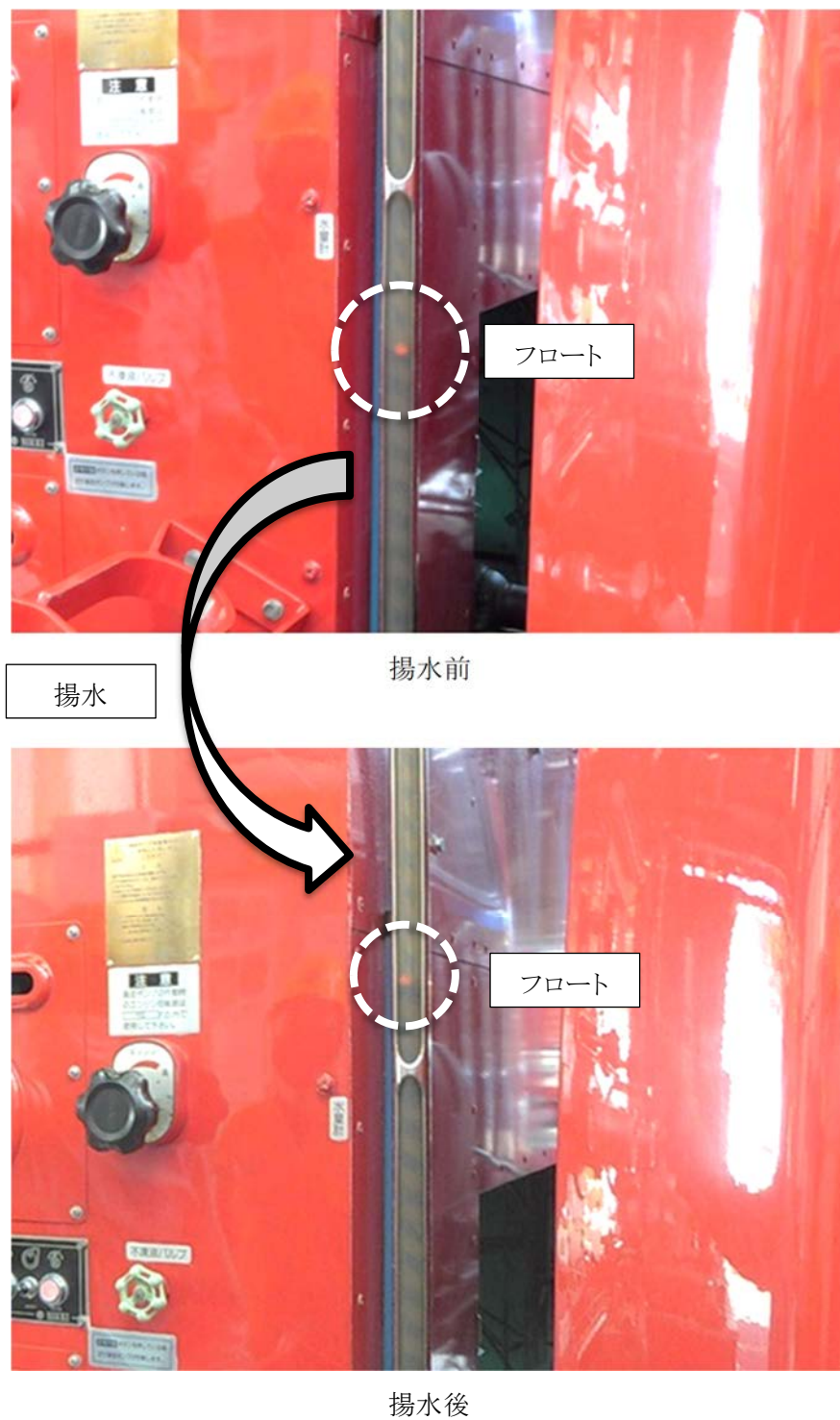


図 3.3 揚水に伴う水位計の上昇の様子

This is a blank page.

