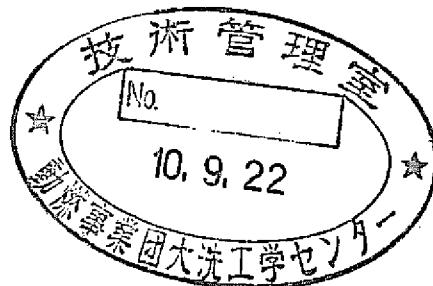


区 分 变 更	
機器名及番号	1000
実施年月日	平成13年7月3日

50 MW蒸気発生器試験施設 中間熱交換器（IHX）の解体・洗浄記録

1998年6月



動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター

製、
下さ

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

(A)



50MW蒸気発生器試験施設 中間熱交換器 (IHX) の解体・洗浄記録

軍司 稔*、山本 晋平*、小野島 貴光*

要 旨

50MW蒸気発生器試験施設 (50MWSG施設) における試験は昭和61年12月末に終了し、平成6年度から試験設備の解体・撤去及びナトリウム洗浄を開始した。試験施設の解体・撤去の一環として、平成9年10月下旬から12月にかけて中間熱交換器 (IHX) の解体・洗浄を実施した。

IHXは50MWSG施設内で管束内胴と外胴に分離した後、それぞれナトリウム処理室に輸送し、大気開放状態で高圧スチーム洗浄装置を用いて洗浄と解体を行った。

以下に本解体・洗浄作業で得られた結果の要点を示す。

- (1)ナトリウム機器の解体時にナトリウム固着部分を引き抜く際のナトリウム剪断力は約 3.0kg/cm^2 と見積もることを推薦する。
- (2)炭酸ガスによる付着ナトリウムの安定化処理は、万一のナトリウム発火を防止する上で有効な手段であった。
- (3)ナトリウムの付着量や状態が完全に目視確認できないような場所をスチームで洗浄する場合、スチーム量をできるだけ少量としナトリウムとの反応状態を慎重に確認しながら作業を進めることが重要である。また、スチームによる洗浄ではスチームを入れてから反応が始まるのに時間遅れがあるので洗浄状況観察のためむやみに近づくことは危険である。
- (4) IHX洗浄のナトリウム処理量は約 60kg であった。
- (5)ナトリウム中の直管型伝熱管のナトリウム付着量は約 0.23mg/cm^2 、カバーガス部の付着量は約 13.7mg/cm^2 であった。
- (6)管束内胴を回転させながら洗浄・解体作業を実施することで、作業の安全性及び効率が大幅に向上できた。
- (7)伝熱管内面洗浄用治具を使用することで、伝熱管を効率よく洗浄することができた。



Dismantling and sodium removal of the intermediate heat exchanger(IHX) at the 50MW steam generator test facility

Gunji Minoru* Shinpei Yamamoto*
and Takamitsu Onojima*

Abstract

The tests at the 50MW steam generator test facility(50MWSGTF) have been finished in December 1986. Dismantling and sodium removal of the 50MWSGTF started since 1994. The IHX dismantling and sodium removal was carried out from October through December 1997.

After drawing out of the tube bundle from the shell at the 50MWSGTF, both parts were transported to the sodium removal facility where they were dismantled and sodium was removed by the steam cleaning device in the atmosphere.

Followings are major results of this operation.

- (1) It is recommended that the estimate of sodium shearing force in drawing out the sodium stick part is about $3\text{kg}/\text{cm}^2$.
- (2) The formation of sodium carbonate from sodium was effective preventing the ignition of sodium.
- (3) When quantity and condition of sodium cannot be confirmed in the visual observation, it is important to control the steam quantity in nitrogen gas with confirming the sodium and steam reaction. And we have to avoid the rapid approach for the sodium removal observation in the steam cleaning due to the time delay of sodium steam reaction after steam injection.
- (4) Sodium removal weight was about 60kg.
- (5) The residual sodium of the sodium dipped area was about $0.23\text{mg}/\text{cm}^2$ and it was about $13.7\text{mg}/\text{cm}^2$ in the cover gas region.
- (6) The tube bundle rotation was very effective for the improvement in safety and efficiency of the cleaning and decommissioning.
- (7) A newly developed multiple nozzle type steam injection system improved the heat transfer tube inner surface cleaning efficiently.

[目 次]

1. まえがき	1
2. IHXの概要	2
3. 作業計画	5
3. 1 IHXの状態と洗浄方法	5
3. 1. 1 IHXの状態	5
3. 1. 2 ナトリウム付着量の検討	5
3. 1. 3 ナトリウム洗浄処理法	8
3. 1. 4 ナトリウム洗浄処理の一般作業要領・手順	8
3. 2 IHXの撤去・解体・洗浄処理の作業手順及び要領	9
3. 2. 1 管束部の撤去・運搬	9
3. 2. 2 管束部のナトリウム洗浄	13
3. 2. 3 外胴部のナトリウム洗浄	18
3. 3 撤去・解体工事に関する安全管理について	26
3. 3. 1 工事体制	26
3. 3. 2 安全管理	26
3. 3. 3 撤去・解体工事に係わる安全対策	28
3. 3. 4 品質保証	30
3. 4 洗浄作業安全管理及び安全対策（PNC主体の作業）	38
3. 4. 1 作業安全管理	38
3. 4. 2 安全対策	39
3. 4. 3 緊急時の措置	41
4. 作業記録	44
4. 1 管束部の撤去・運搬	44
4. 1. 1 管束引き抜き作業前準備	44
4. 1. 2 管束引き抜き確認作業	44
4. 1. 3 管束引き抜き・運搬	45
4. 2 管束部のナトリウム洗浄	47
4. 2. 1 管束外表面全体の洗浄	47
4. 2. 2 管束内部の洗浄	49
4. 2. 3 管束下部鏡部上部鏡部の切断及び洗浄	53

4. 2. 4 伝熱管内部及び下降管内表面の洗浄	54
4. 3 管東部の解体・廃棄	57
4. 4 外胴部の撤去・運搬	58
4. 5 外胴部のナトリウム洗浄	58
4. 6 外胴部の解体・廃棄	59
4. 7 作業工程実績	59
5. 得られた知見	62
5. 1 管東部引き抜き時の荷重	62
5. 2 引き抜き及び運搬時に得られた知見	62
5. 3 ナトリウム洗浄時に得られた知見	62
5. 4 ナトリウム付着量	63
6. 結言	65
7. 謝辞	66
8. 参考文献	67
8. 1 本文引用文献	67
8. 2 付録-1 引用文献	67
付録-1 IHX管東部を引き抜くための油圧ジャッキ必要能力の検討	95
付録-2 IHX解体・洗浄作業日誌	106
付録-3 炭酸安定化作業記録	137

【表目次】

表3.1.2-1	過去の各蒸気発生器主要目と洗浄結果の比較	6
表3.1.2-2	1次側ナトリウム付着量	7
表3.1.2-3	2次側ナトリウム付着量	7
表3.3.2-1	大洗工学センター内安全作業諸規則リスト	37
表3.4.1	中間熱交換器の撤去・解体・洗浄工程計画	43
表4.7	中間熱交換器の撤去・解体・洗浄実績工程表	61
表5.4.1	ナトリウム付着量の推定値と実績値の比較	64

【図目次】

図2.1-1	中間熱交換器配置図	3
図2.1-2	中間熱交換器組立図	4
図3.2-1	中間熱交換器の撤去・解体・洗浄処理の全体作業フロー	19
図3.2-2	IHX輸送用架台配置計画図	20
図3.2.1	中間熱交換器の撤去・運搬手順(1/2)	21
図3.2.1	中間熱交換器の撤去・運搬手順(2/2)	22
図3.2.2	IHX管束解体・洗浄手順(1/2)	23
図3.2.2	IHX管束解体・洗浄手順(2/2)	24
図3.2.3	IHX外胴解体・洗浄手順	25
図3.3.1-1	中間熱交換器撤去・解体作業実施体制	31
図3.3.1-2	原子炉工学室緊急連絡網(勤務時間内)	32
図3.3.1-3	原子炉工学室緊急連絡網(勤務時間外)	33
図3.3.1-4	原子炉工学室地震時点検及び通報連絡表	34
図3.3.1-5	緊急連絡体制(勤務時間内)	35
図3.3.1-6	緊急連絡体制(勤務時間外)	36
図3.4.1-1	中間熱交換器洗浄実施体制	42
図4.1.2	管束引き抜き荷重の経時変化	46
図4.2.2-1	管束内部洗浄治具概念図	55
図4.2.4-1	伝熱管内面洗浄用治具概念図	56
図4.5.1	外胴部の切断位置	59

【写真目次】

写真4.1.1-1	管束引き抜き用の足場組立	68
写真4.1.1-2	フランジボルトの取り外し	68
写真4.1.1-3	フランジ部シールプレート内のNa付着の調査	68
写真4.1.1-4	油圧ジャッキ用架台取付	69
写真4.1.1-5	IHX引き込み用レールの設置	69
写真4.1.1-6	シールプレート部のプラズマ溶断	69
写真4.1.1-7	引き抜き確認用ビニールキャスクの取付①	70
写真4.1.1-8	引き抜き確認用ビニールキャスクの取付②	70
写真4.1.1-9	ピストンリング部の予熱	70
写真4.1.2-1	管束引き抜き準備	71
写真4.1.2-2	管束ジャッキアップ開始	71
写真4.1.2-3	油圧ジャッキによる引き抜き	72
写真4.1.2-4	チェーンブロックによる管束の吊り上げ	72
写真4.1.2-5	クレーンによる引き抜き確認	72
写真4.1.2-6	管束輸送用ビニールキャスクの取付	73
写真4.1.3-1	天井クレーンによる引き抜き	73
写真4.1.3-2	ビニールキャスクの固縛	74
写真4.1.3-3	ビニールキャスクの分離・切断	74
写真4.1.3-4	管束の吊り下ろし・横倒し	75
写真4.1.3-5	管束の引き込み(Na処理室)	75
写真4.2.1-1	管束部の残留Na除去	76
写真4.2.1-2	管束部底部の開口部閉止及び洗浄	76
写真4.2.1-3	搔き出しNaの燃焼処理	76
写真4.2.1-4	夜間時の保管状態	77
写真4.2.1-5	ビニールキャスクの取り外し(Na搔き取り後の状態)	77
写真4.2.1-6	カバーガス部開口部閉止	77
写真4.2.1-7	内胴外表面全体の洗浄	78
写真4.2.1-8	内胴外表面の洗浄後(カバーガス部)	78
写真4.2.1-9	フランジ当たり面の腐食状況	78
写真4.2.2-1	液面計の洗浄	79
写真4.2.2-2	管束穴開け(熱遮蔽部)	79
写真4.2.2-3	管束穴開け(管束中間部)	79
写真4.2.2-4	管束回転によるずれ落ち補正	80
写真4.2.2-5	管束回転ローラの最終取り付け状態	80
写真4.2.2-6	熱遮蔽板部のスチーム洗浄①	80
写真4.2.2-7	熱遮蔽板部のスチーム洗浄②	81

写真4.2.2-8	熱遮蔽板部のスチーム洗浄③	8 1
写真4.2.2-9	洗浄廃液の重量測定	8 1
写真4.2.2-10	カバーガス部洗浄前	8 2
写真4.2.2-11	カバーガス部のスチーム洗浄	8 2
写真4.2.2-12	カバーガス部洗浄後	8 3
写真4.2.2-13	カバーガス部洗浄後	8 3
写真4.2.2-14	管束中間部の洗浄前	8 4
写真4.2.2-15	管束中間部のスチーム洗浄	8 4
写真4.2.2-16	管束中間部の洗浄後	8 4
写真4.2.3-1	下部鏡部切断	8 5
写真4.2.3-2	下部鏡板内Na調査	8 5
写真4.2.3-3	下部鏡板内Na燃焼処理（ダメ処理）	8 5
写真4.2.3-4	上部鏡板内のNa付着状況確認	8 6
写真4.2.3-5	2次系配管切断	8 6
写真4.2.3-6	上部鏡板切断	8 7
写真4.2.4-1	伝熱管内面洗浄準備	8 7
写真4.2.4-2	伝熱管内面洗浄治具セット	8 7
写真4.2.4-3	伝熱管内面のスチーム洗浄	8 8
写真4.3-1	管束内胴の切断	8 8
写真4.3-2	伝熱管切断①	8 9
写真4.3-3	伝熱管切断②	8 9
写真4.3-4	管束の切断完了状況	9 0
写真4.3-5	管束のスクラップ搬出	9 0
写真4.4-1	外胴吊り下ろし・横倒し	9 1
写真4.4-2	Na処理室への外胴引き込み	9 1
写真4.5-1	外胴洗浄準備	9 2
写真4.5-2	外胴ナトリウム付着状況（カバーガス部）	9 2
写真4.5-3	外胴ナトリウムの掻き出し作業	9 2
写真4.5-4	掻き出したナトリウム	9 3
写真4.5-5	外胴下部スチーム洗浄	9 3
写真4.5-6	外胴上部の洗浄後	9 3
写真4.5-7	外胴カバーガス部腐食状況	9 4
写真4.6-1	IHXスクラップ状況	9 4

1. まえがき

50MW蒸気発生器試験施設（以下 50MWSG 施設と称す）は昭和61年12月末に試験を終了し、その後は約11年間休止状態であった。平成6年度から、FBRの実用化をめざした原子炉冷却系総合試験計画の一環として、保温材、電気・計装ケーブル及び制御盤の撤去等を実施し、平成7年度は、ナトリウム設備の配管、バルブ等の撤去、さらに平成8年度には補助空気冷却器等の解体撤去及びナトリウム洗浄を実施した。これに引き続き平成9年度は、機械式ポンプ、蒸気発生器及び中間熱交換器（以下 IHX と称す）等の大型ナトリウム機器の撤去、洗浄を実施した。本書は、平成9年度に実施した大型ナトリウム機器の一つである中間熱交換器（IHX）の撤去、洗浄、解体作業に関してまとめたものである。

IHXは総重量約43tonの大型機器で、これまで大洗工学センター内で行ったナトリウム機器の解体・洗浄としては最大級のものであり、また、開放型スチーム洗浄法で行ったと言う点に関してはこれまでに経験の無いものであった。そのため、本作業の実施に当たっては安全確保を第一に、夜間の保管管理、解体・洗浄の手順、体制等を主な課題として抽出し事前の検討・計画を行った。

本報告書では、これら事前の検討・計画と本作業で得られた貴重な経験及び知見を、今後行われる類似の大型機器の解体・洗浄作業の検討・計画に活用するとともに、解体・洗浄に関する技術の継承のため、IHXの管束引き抜きから洗浄、解体までの一連の計画、作業内容、解体・洗浄結果に関して詳細にまとめたものである。

2. IHXの概要

50MWSG施設内におけるIHXの設置状態を図2.1-1に、中間熱交換器（以下IHX(Intermediate Heat Exchanger)）の組立図を図2.1-2に示す。胴側は1次側ナトリウムで上部流入窓よりナトリウムが入り、管側と熱交換しながら下部に流れ落ちる。通常運転時にはオーバーフローによりナトリウム液面を制御している。

管側は2次側ナトリウムで、真中の下降管を通り下部プレナムにて方向を変え、各伝熱管（計2,044本）に分かれ1次側と熱交換しながら上部プレナムに入り、4本のノズルよりナトリウムは流出する。また、熱応力や熱衝撃を緩衝させるために、下降管部にサーマルスリーブ、上部及び下部プレナムに熱遮蔽板を設置するとともに伝熱管上部をサインカーブ状に曲げて熱膨張を吸収する構造としている。

概略仕様を以下に示す。

<概略仕様>

- ・型 式：豊型シェル&チューブ型、自由液面式
- ・数 量：1基
- ・概略重量：約43ton（胴：16ton、管束：27ton）
- ・全 長：外胴 7,816mm、管束 8,380mm（ノズル長含む）
- ・フランジ部外径：2,500mm
- ・伝熱管：2,044本× ϕ 15.9×1.2 t
- ・伝熱管長：約6300mm
- ・伝熱面積：250m²
- ・材 質：伝熱管、管板、胴板にはSUS316、内装物、脚、管にはSUS304（脚の一部はSS）
- ・1／2次側設計温度：590°C／590°C
- ・1／2次側設計流量：948.3／798.8t/h
- ・1／2次側運転時間：44695hr／40249hr

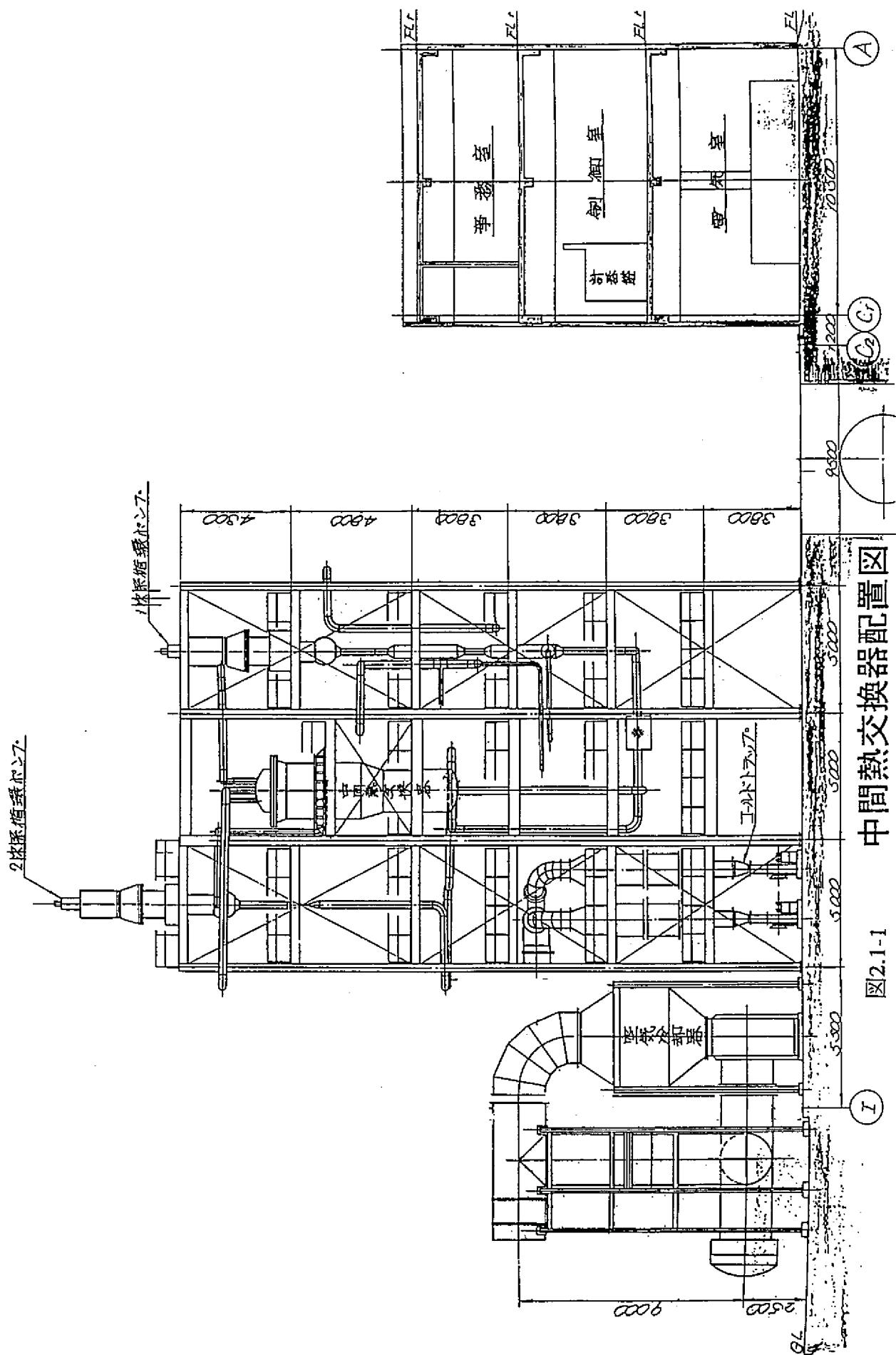
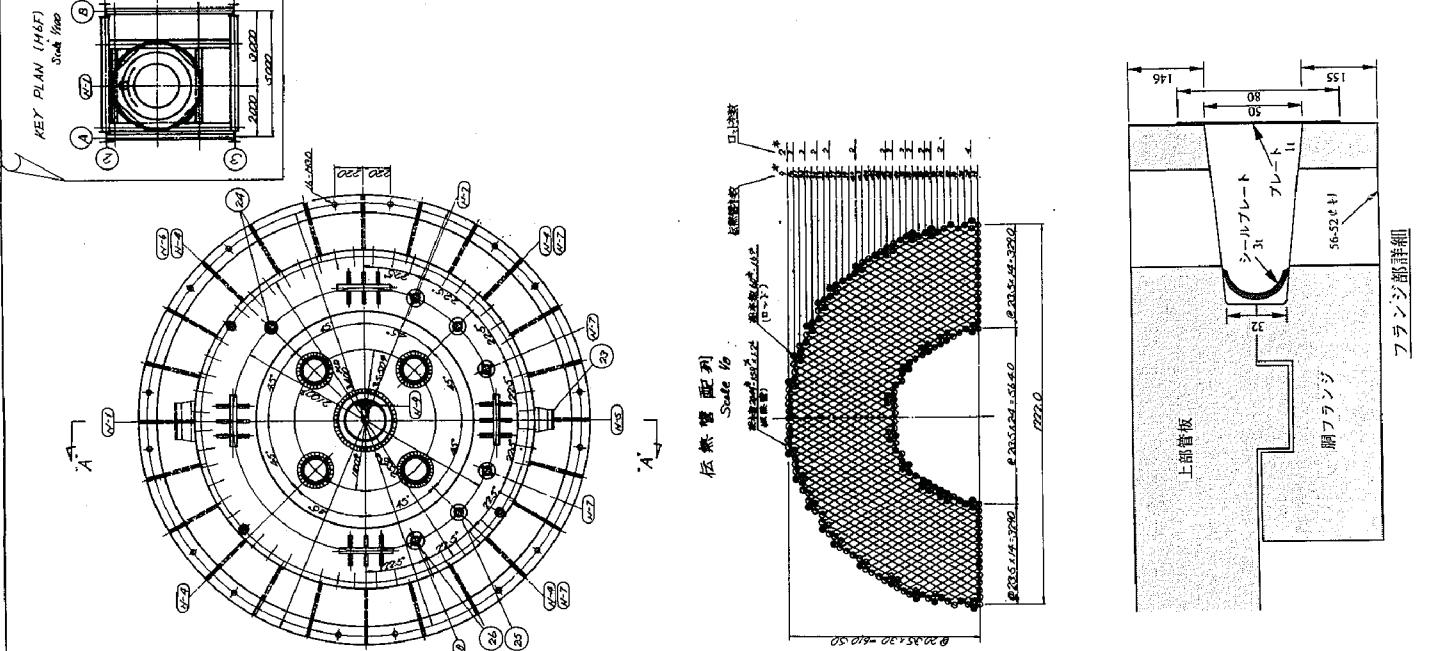
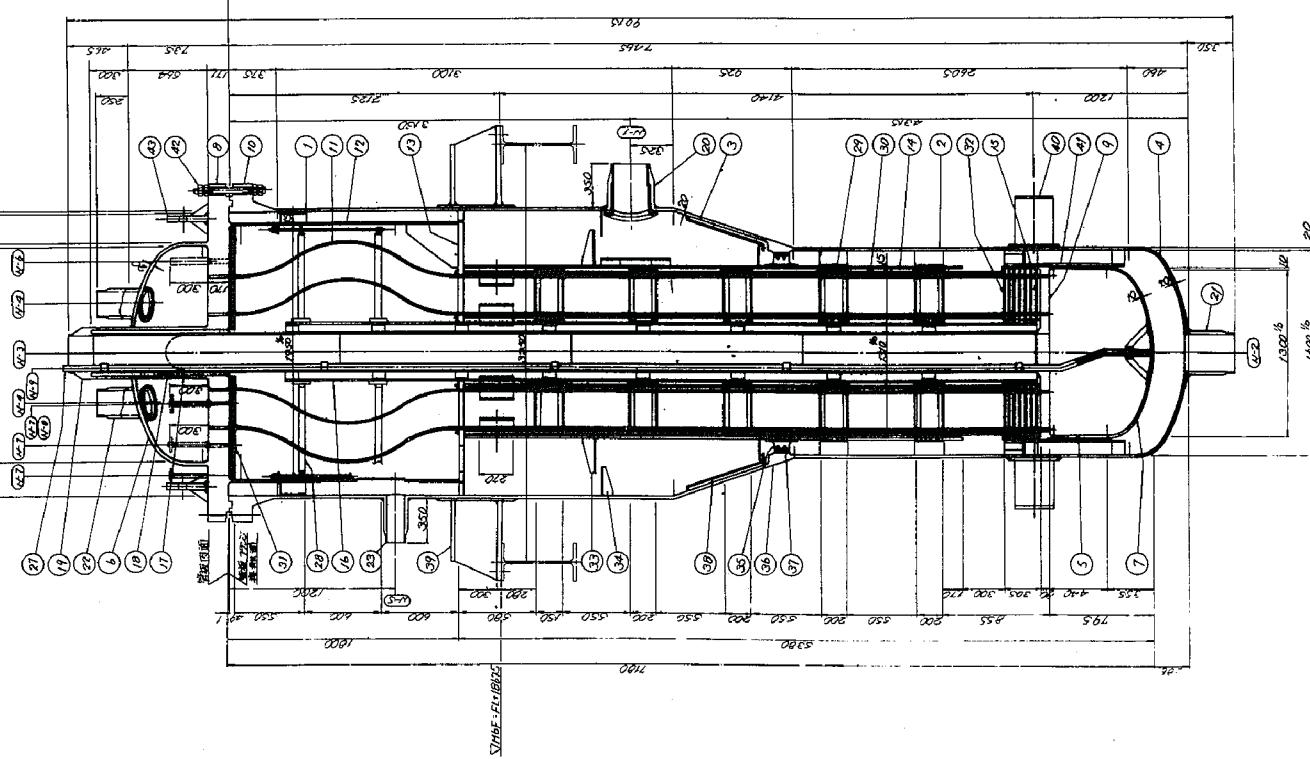


図2.1-1 中間熱交換器配置図



部品名	規格	部品番号	規格	部品名	規格	部品番号
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	1	2000 × 1000 × 1000	2	2000 × 1000 × 1000	3
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	4	2000 × 1000 × 1000	5	2000 × 1000 × 1000	6
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	7	2000 × 1000 × 1000	8	2000 × 1000 × 1000	9
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	10	2000 × 1000 × 1000	11	2000 × 1000 × 1000	12
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	13	2000 × 1000 × 1000	14	2000 × 1000 × 1000	15
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	16	2000 × 1000 × 1000	17	2000 × 1000 × 1000	18
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	19	2000 × 1000 × 1000	20	2000 × 1000 × 1000	21
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	22	2000 × 1000 × 1000	23	2000 × 1000 × 1000	24
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	25	2000 × 1000 × 1000	26	2000 × 1000 × 1000	27
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	28	2000 × 1000 × 1000	29	2000 × 1000 × 1000	30
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	31	2000 × 1000 × 1000	32	2000 × 1000 × 1000	33
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	34	2000 × 1000 × 1000	35	2000 × 1000 × 1000	36
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	37	2000 × 1000 × 1000	38	2000 × 1000 × 1000	39
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	40	2000 × 1000 × 1000	41	2000 × 1000 × 1000	42

部品名	規格	部品番号	規格	部品名	規格	部品番号
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	1	2000 × 1000 × 1000	2	2000 × 1000 × 1000	3
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	4	2000 × 1000 × 1000	5	2000 × 1000 × 1000	6
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	7	2000 × 1000 × 1000	8	2000 × 1000 × 1000	9
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	10	2000 × 1000 × 1000	11	2000 × 1000 × 1000	12
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	13	2000 × 1000 × 1000	14	2000 × 1000 × 1000	15
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	16	2000 × 1000 × 1000	17	2000 × 1000 × 1000	18
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	19	2000 × 1000 × 1000	20	2000 × 1000 × 1000	21
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	22	2000 × 1000 × 1000	23	2000 × 1000 × 1000	24
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	25	2000 × 1000 × 1000	26	2000 × 1000 × 1000	27
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	28	2000 × 1000 × 1000	29	2000 × 1000 × 1000	30
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	31	2000 × 1000 × 1000	32	2000 × 1000 × 1000	33
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	34	2000 × 1000 × 1000	35	2000 × 1000 × 1000	36
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	37	2000 × 1000 × 1000	38	2000 × 1000 × 1000	39
足場脚立	2000 × 1000 × 1000	40	2000 × 1000 × 1000	41	2000 × 1000 × 1000	42

フランジ部詳細

図 2.1-2 中間熱交換器組立図

3. 作業計画

3.1 IHXの状態と洗浄方法

3.1.1 IHXの状態

解体前のIHXは、周辺の配管及び保温材等の撤去が終了している。また、IHX内は残存ナトリウムの安定化のため炭酸ガスを封入し保管・管理している。

3.1.2 ナトリウム付着量の検討

ナトリウムの表面付着量は、ナトリウムドレン温度及びドレン保持時間に影響される。表3.1.2-1に過去の蒸気発生器洗浄における単位面積当たりのナトリウム付着量の実績⁽¹⁾を示す。これによると、単位面積当たりの最大ナトリウム付着量は予熱温度300°C、保持時間47hで2.0mg/cm²である。

しかしながら、IHXのドレンは、予熱温度200°C（保持時間24hr）の低温で行っているため、安全側を考慮し、50MWSGの配管及び機器等を洗浄した時の実績である5.0mg/cm²（この数値は、閉塞した配管等も含んだ概略値であり、かなり安全側の数値となっている）を使用し、算出した。また、カバーガス層については、50MW 2号SGの実績値である、2.8mg/cm²⁽²⁾を用いた。表3.1.2-2、3にナトリウム付着量を検討した結果を示す。

表3.1.2-1 過去の各蒸気発生器主要目と洗浄結果の比較

項目	SG	過熱器 1号機	50MW SGT F 蒸気発生器	1MW SGT F 蒸気発生器	
		蒸気発器 1号機	蒸気発器 2号機	一体貫流型 SG	2重管型 SG
洗浄実施年月	1973年 4, 5月	1975年 4, 5月	1980年 3, 4月	1989年 12月	1996年 3月
ナトリウム浸漬時間	4200時間	4200時間	16500時間	7600時間	1340時間
伝熱管材質	SUS-304	2 1/4Cr-1Mo鋼	2 1/4Cr-1Mo鋼	Mod.9Cr-1Mo鋼	Mod.9Cr-1Mo鋼
重量	2 9 ton	4 0 ton	3 0 ton	1 0 ton	8 ton
内表面積	4 00 m ²	5 00 m ²	5 2 2 m ² (管束のみ)	1 07 m ²	6 4 m ²
ナトリウムドレッブ方法	300°Cドレッブ 300°C47時間保持	300°Cドレッブ 300°C47時間保持	400°Cドレッブ 400°C47時間保持	390°Cドレッブ 390°C47時間保持	380°Cドレッブ 350°C52時間保持
洗浄対象	シェルごと	シェルごと	管束のみ	シェルごと	シェルごと
洗浄時間	9時間	26時間	192時間	32時間	24時間
ナトリウム付着量	6 kg	10 kg	7 kg	2 kg	0.77 kg
単位面積付着量	1.5 mg/cm ²	2.0 mg/cm ²	1.4 mg/cm ²	1.9 mg/cm ²	1.2mg/cm ²
洗浄方法	水蒸気洗浄+CO ₂ 封入	水蒸気洗浄+純水リノス +CO ₂ 洗浄	アルコール循環洗浄		

表3.1.2-2 1次側ナトリウム付着量

No	各部名称	表面積 (m ²)	Na付着量 (kg)	Na洗浄方法
1	伝熱管外表面	460.93	23.05	3.2.2(2)③
2	カバーガス部伝熱管外表面	194.0	5.43	3.2.2(2)②
3	ロッド	9.1	0.26	3.2.2(2)②
4	外胴内表面	47.22	2.36	3.2.3(2)
5	カバーガス部内表面	11.1	0.31	3.2.2(2)②
6	内胴外／内表面	55.48	2.77	3.2.2(1),(2)③
7	下降管サーマルスリーブ	16.17	0.81	3.2.2(2)③
8	下降管（2次系Na入口管）外表面	7.27	0.36	3.2.2(2)③
9	伝熱管サポート類	127.3	6.40	3.2.2(2)③
10	カバーガス部伝熱管サポート	36.7	1.03	3.2.2(2)②
11	熱遮蔽板	15.3	0.77	3.2.2(2)①
12	ピストンリングドレン溜まり部	—	12.0	3.2.2(1)
Total		980.57	約56	

表3.1.2-3 2次側ナトリウム付着量

No.	各部名称	表面積 (m ²)	Na付着量 (kg)	洗浄方法
1	伝熱管内表面	577.78	28.89	3.2.2(4)
2	上部プレナム	7.72	0.39	3.2.2(3)①
3	下部プレナム	5.55	0.28	3.2.2(3)②
4	ドレン管内・外表面	3.13	0.16	3.2.2(4)
5	下降管（2次系Na入口管）内表面	7.77	0.39	3.2.2(4)
6	伝熱管サポート類	1.1	0.06	3.2.3(3)
7	ドレン溜まり (サイホン切れ+ドレン不可能部)	—	16.0	3.2.2(3)
Total		603.05	約46	

3.1.3 ナトリウム洗浄処理法

IHXの洗浄は以下の2通りの洗浄法によって行うものとする。

- ①溶解・燃焼処理・・・塊状ナトリウムを処理する場合にのみ行う。
- ②開放型の水蒸気洗浄・・・表面に付着したナトリウムを処理する場合に行う。

3.1.4 ナトリウム洗浄処理の一般作業要領・手順

(1)溶解・燃焼処理作業

- ①洗浄処理対象物内にナトリウムが塊状に残存している場合は、溶解処理、削り取り、搔き出し等の方法にてナトリウムを取り除く。
- ②取り除いたナトリウムは、燃焼等にてナトリウム処理を行う。
- ③ナトリウムの溶解処理、搔き出し及び燃焼処理は、ナトリウム処理室の燃焼室内にて行うこととする。但し、削り取り、搔き出しについては、燃焼室においてそれらの作業が不可能な場合は、床上に鋼板を敷きかつ受皿を設置する。
- ④以下に、燃焼処理の主な作業要領・手順を示す。
 - (a)燃焼室内の受け皿に洗浄対象物を置く。受け皿は、加熱等により水分を取り除く。
 - (b)ガスバーナーで洗浄対象物またはナトリウムを加熱し、ナトリウムを溶解させる。
 - (c)溶解させたナトリウムをガスバーナーで加熱して燃焼させる。
 - (d)未燃焼ナトリウムが残らないように金属棒で攪拌し、ナトリウムを完全に燃焼させる。
 - (e)燃焼処理中は大量の煙が発生するため、作業者は煙を吸い込まないよう防塵マスクを着用するとともに、排煙処理装置による処理を行う。
 - (f)全ての燃焼処理が終了したら、最終的に水洗浄を行う。

(2)開放型水蒸気洗浄作業

- ①高圧ジェット型蒸気洗浄装置により、ナトリウム処理室内で作業を行う。
- ②高圧ジェット型蒸気洗浄装置は、ボイラー設備からの蒸気とCE設備からの窒素ガスを混合して供給できる設備であり、2基設置されている。
- ③高圧ジェット型蒸気洗浄装置を2基同時に稼働させて並行作業を行う場合は、同一方向に被洗浄物を配置して、同一方向に蒸気を流すようにして作業する。

<作業要領・手順>

- (a)高圧ジェット型蒸気洗浄装置を始動し、筒先にて所定の水蒸気条件になるよう暖気運転を行う。
- (b)グレーチング部の上に洗浄物を置く。
- (c)洗浄物のビニールキャスク等を取り外し、内部のナトリウム付着状態を洗浄作業指揮者が最終確認する。
- (d)混合水蒸気が乾燥していることを確認するため、供給蒸気ラインをページする。

- (e)水滴の凝縮の可能性を減らすために、洗浄物表面を昇温させるように最初は注意深く洗浄する。
- (f)周期的に水蒸気洗浄作業を中断し、状況を確認し、残余のナトリウムの有無について確認する。
- (g)洗浄物の洗浄終了後、水蒸気によりナトリウム飛沫が周辺に落ちていることが考えられるので、周辺にも水蒸気洗浄を行う。
- (h)水蒸気洗浄終了の判断を洗浄作業指揮者が行い、最終処理として水洗浄を実施する。
- (i)水洗浄により、洗浄物及び周辺について最終処理を行う。
- (j)全ての洗浄処理作業が終了したことを、洗浄作業指揮者が確認する。

3.2 IHXの撤去・解体・洗浄処理の作業手順及び要領

図3.2-1に、IHXの撤去・解体・洗浄処理の全体作業フロー、図3.2-2にIHX輸送架台配置計画図を示す。

3.2.1 管束部の撤去・運搬

図3.2.1(1/2), (2/2)に、中間熱交換器の撤去・運搬手順図を示し、以下に、撤去・解体・運搬作業の要領を記述する。

なお、以下で述べる撤去～運搬における各手順の項目番号は、図3.2.1の図中の各項目番号に対応している。

(1)管束引き抜き作業前準備

- ・各作業における仮設足場の組み立て。
- ・中間熱交換器の上部架台（一部）の撤去。
- ・既設Arガス供給ラインの撤去及び変更（IHX上部）。
- ・油圧ジャッキ用架台を脚部（スカート）に溶接で4箇所取り付ける。
- ・管束上部管板と胴フランジ部の保護板を撤去し、リップシール溶接部を切断する。
- ・管束上部管板と胴フランジ部の一部のボルトナットを取り外し、油圧ジャッキ（30t）及び圧縮型ロードセルをジャッキ用架台（4箇所）にセットする。
- ・予熱ヒータにてピストンリング部を加熱しておく。（ヒータ仕様は、容量約20kwで保温厚さが約100mm程度。）予熱温度はピストンリング部内部温度で60℃～70℃とする。
- ・ヒータの予熱は、管束引き抜き確認作業の前日から行うものとし、この間は夜間監視を行う。

(2)管束引き抜き確認作業

- ・IHX内のガス圧を0.1kg f / cm²G程度までブローする。
- ・管束上部管板と胴フランジ部のボルトナットの取り外し。（M48×56本）
- ・管束上部管板と胴フランジ部に管束引き抜き確認用ビニールキャスクを取り付け

て、キャスク内の酸素濃度が3%以内になる迄ガス置換する。

- ・天井クレーンにロードセル及びチェーンブロックをセットし、管束を吊れる状態にしておく。
- ・圧縮型ロードセルで監視しながら、ジャッキUPを徐々に行う。引き抜きは以下の要領で行い、管束が引き抜けた時点で終了とする。（管束の引き抜き荷重は、過去のR&D結果から28ton（付録-1参照）と推定でき、油圧ジャッキの能力は十分である。）
 - ①管束重量に、上述の推定引き抜き荷重を加えた値である55tonを目標値とし徐々に荷重を増加させる。
 - ②55tonまで荷重を加えたら、30min程度保持しロードセルにて荷重の低下の有無を確認する。
 - ③引き抜けない場合は、以下同様の手順により、推定引き抜き荷重値に1.5、2.0、2.5、3.0倍した値を目標値とし順次荷重を増加させ、油圧ジャッキの最大能力の120tonまで荷重を増加させる。
 - ④荷重の低下傾向が認められたら、油圧ジャッキの荷重増加を停止し、荷重の低下傾向が安定するまで、油圧ジャッキの荷重を保持する。
 - ⑤荷重の低下傾向が安定したら、再度油圧ジャッキの荷重を増加させ、約200mm程度まで管束が引き抜けることを確認する。

- ・引き抜き時は當時、キャスク内の酸素濃度を3%以内に維持しながら窒素ガスを供給する。
- ・管束が引き抜けることを確認したら、ヒータの予熱を中止し保温材を撤去する。
- ・管束を下ろし、IHX内を窒素ガスにて0.1kgf/cm²G程度まで加圧し、翌日まで保管する。
- ・ロードセルを監視しながら、クレーンにて管束が引き抜けることを確認する（約200mm程度）。管束が引き抜けたら油圧ジャッキを片づける。引き抜けない場合は、再度油圧ジャッキにて、引き抜きを行う。
- ・管束上部管板と胴フランジ部に管束引き抜き用ビニールキャスクを取り付け、酸素濃度計をキャスクの上・下2カ所にセットする。キャスク内の酸素濃度を3%以内にガス置換する。

＜安全対策＞

- ・管束が引き抜けた瞬間にIHX内のガス圧がキャスク内に加わるので即ブローできるようにしておく。
- ・油圧ジャッキが架台から外れないようにクランプ等で固定する
- ・安全のため管束を天井クレーンで吊り、ワイヤーロープは緩めにしておく。
- ・管束の引き抜き確認時（油圧ジャッキへの荷重付加時）は、油圧ジャッキ操作者以外はIHX周辺からは退去する。引き抜き荷重は、荷重計にて遠方から常時監視する。
- ・横倒し治具及び木製架台のビニールキャスク当たり面に、ウレタンゴム等を敷きビニールキャスクを破かない様処置する。

(3)管束引き抜き・運搬

①管束の引き抜き

- (a)ロードセルの荷重を監視しながら、約200mm程度までチェーンブロックにて徐々に管束を引き抜き、その後はクレーンにて引き抜く。(管束の水平度に注意すること)
- (b)常時、キャスク内の酸素濃度を3%以内に保持する。
- (c)胴から管束を引き抜いたら、胴と管束の間でビニールキャスクを2箇所で絞り込みテーピングし、切断する。
- (d)管束側は、天井クレーンで1階まで吊り降ろす。胴側上部開口部については、鉄板等で閉止しガス管理を行う。

②管束横倒治具による管束の横倒し

- (a)管束横倒治具を管束下部に取り付け、天井クレーンとクレーン車にて共吊りし、横倒しにする。
- (b)予め準備しておいた、運搬車両の木製架台上に管束を横置きに乗せる。

③ナトリウム処理室への管束の運搬

- (a)トレーラにて処理室まで運搬する。トレーラには禁水の表示及び前後に赤布を取り付ける。
- (b)窒素ガスボンベを運搬車両に乗せ固定し、キャスク内に窒素ガスを供給する。

<安全対策>

- ・運搬は極力低速で行い、木製架台等や緩衝材を使用し、運搬中の横揺れや振動を防止する。
- ・トレーラにはナトレックス消火器及びABC消火器を配備する。

④解体用架台への管束の設置

(a)解体用架台への管束の設置作業前準備

- ・既存の解体用架台の組立及び健全性を確認し、ナトリウム処理室へ運び使用出来るように準備しておく。
- ・解体用架台にターニングローラ(管束を回転させる)を取り付けておく。
(管束に5%の勾配を付けるようにターニングローラを取り付ける)。
- ・解体用架台にはチルタンク(移動用キャスター)を設置する。
- ・クレーン車の設置時必要に応じて薄鉄板を敷く。

(b)解体用架台への管束の設置作業

- ・クレーン車で運搬車両から管束を解体用架台に設置する。

〈安全対策〉

- ・管束をチェーンブロックにより固定し、横揺れ等を防止する。

⑤第二ナトリウム処理室内への解体用架台の搬入

(a)管束引き込み作業前準備

- ・第二ナトリウム処理室床面に床面保護のため薄鉄板を敷いておく。
- ・解体用架台引き込み用ワインチを第二ナトリウム処理室内のグレーチング上のフックに固定する。
- ・解体用架台の、引き込み時の逸走防止として引き込む方向の反対側にチェーンブロックを準備しておく。

(b)管束引き込み作業

- ・ワインチにて解体用架台を第二ナトリウム処理室内へ引き込む。方向の修正はテコ等を使用して行う。
- ・ビニールキャスク内の酸素濃度が、3%以下となっていることを確認する。
- ・夜間時の保管管理方法は、3.4.2(1)項に従う。

3.2.2 管東部のナトリウム洗浄

管東部における作業全体の流れは、「洗浄→解体→水洗浄」とする。つまり、洗浄にあたっては管東部等の解体は行わず、先に管東部の既存の開口部及び新たに開けた穴部より、蒸気洗浄ノズルを差し込んで洗浄を行う。そのため、管束の奥の部分や伝熱管サポートと伝熱管の間等、狭隘部には少量のナトリウムが残る可能性が高い。但し、本洗浄終了後には水洗浄を行い、さらに最終的に全て解体した後、残ナトリウムの存在が認められれば、蒸気及び水にて最終洗浄を行い廃棄する予定である。

図3.2.2(1/2), (2/2)に IHX管束解体・洗浄手順を示す。なお、以下で述べる洗浄における各手順の項目番号は、図3.2.2の図中の各項目番号に対応している。

IHXの解体・洗浄における、危険性の低減のため解体実施前に炭酸ガスにより1次系側の酸化ナトリウムの炭酸安定化処理を行った。作業経過は以下の通りであり、従来のデータ⁽³⁾及びIHX内の圧力低下が見られたことから炭酸安定化の効果があったことが確認された。付録-3に安定化の作業記録を示す。

<作業記録>

- ①IHX内の真空引き (-0.92kg/cm^2)
- ②1回目炭酸ガス封入 ($\rightarrow 0.03\text{kg/cm}^2$)
- ③約10hr保持 ($\rightarrow -0.33\text{kg/cm}^2$)
- ④2回目炭酸ガス封入 ($\rightarrow 0.35\text{kg/cm}^2$)
- ⑤約22hr保持 ($\rightarrow 0.28\text{kg/cm}^2$)
- ⑥3回目炭酸ガス封入 ($\rightarrow 0.5\text{kg/cm}^2$) 撤去・解体・洗浄開始まで保持。

(1)管束外表面全体の洗浄

※本作業におけるナトリウム処理の推定量は、約13.4kg（表面+ピストンリング部）である。（管束外表面は炭酸安定化されたものと一部薄膜状のナトリウムが残留していると推測されるが、ピストンリング部には、ドレン不可能なナトリウムが塊状に残留していると推測される。）

- (a)管束部全体を覆っているビニールキャスクの内、管束部開口部分のビニールキャスクを取り除き、開口部を薄ステンレス板で塞ぎ金属テープにて固定する。この作業を開口部ごとに進め、管束部開口部が全て薄ステンレス板で塞ぎ終わつた後、ビニールキャスクを撤去する。
- (b)開口部廻り及びピストンリング等の塊状に残留したナトリウムはヘラ等で除去し、管束外表面全体を蒸気で洗浄する。
- (c)管束内部を窒素ガスにて酸素濃度を3%以下に置換（管束を保管容器の代用として使用する）する。

(2)管束内部の洗浄

①管束下部内部（熱遮蔽板部）の洗浄

※本作業におけるナトリウム処理の推定量は、約0.8kgである。

- (a)水蒸気凝縮水のドレン孔及び蒸気洗浄用開口部の穴（周方向均等に8ヶ所）を開ける。
- (b)ファイバースコープにて、内部のナトリウム付着状況を確認する。
- (c)蒸気洗浄中に図中(ハ)の管束内部（内胴及び薄ステンレス板で密封されている）に、(ロ)部（熱遮蔽板に伝熱管が貫通している隙間（ギャップ1mm））から(ハ)部への蒸気及び空気の流入によるナトリウム反応を防止するため、(ハ)の管束内部に窒素を供給し、熱遮蔽板に伝熱管が貫通している隙間（ギャップ1mm）から大気開放状態となっている(ロ)部の洗浄対象部に窒素ガスが流れるようにする。窒素の供給量は $50\text{Nm}^3/\text{hr}$ とし、(ロ)部の洗浄部分には窒素ガス供給量より十分少ない $10\text{Nm}^3/\text{hr}$ 以下の窒素と混合した蒸気で徐々に洗浄するものとする。
- 洗浄中は、発生した水素ガスが管束内部に滞留しないように、管束上部になる開口部は開放状態として行う。また、開放部出口の水素ガス濃度を断続的に測定し、十分低いことを確認する。
- (d)底部の下側斜め 45° 方向の蒸気洗浄用開口部から、蒸気洗浄ノズル1本を挿入し、洗浄を開始する。洗浄中の蒸気量は、窒素供給側の(ハ)部への蒸気混入を防止するため、 $10\text{Nm}^3/\text{hr}$ 以下で行う。洗浄は底部付近の伝熱管から開始し、反応が安定した後、順次上部側に蒸気を移行させることで、凝縮水が直接ナトリウムと反応する量を抑制する。管束の下側半分（ $1/4$ ）を洗浄したところで、蒸気洗浄ノズルを取り出す。
- (e)反対面の底部側蒸気洗浄用開口部に、蒸気洗浄ノズル1本を挿入し、残りの下側半分（ $1/4$ ）の洗浄を開始する。
- (f)下側半分（ $1/2$ ）の洗浄が終了したら、管束を 180° 回転させ残りの半分の洗浄を上記と同様の手順で行う。
- (g)天井部側洗浄用開口部に、蒸気洗浄ノズル2本を一度に挿入し、仕上げ洗浄を行う。
- (h)洗浄終了の判定の一つとして、凝縮水の電気電導度の変化を確認する。そのため、管束下部の開口部に凝縮水受け用の容器を設置し、一定時間ごとに凝縮水を採取する。
- (i)採取した凝縮水の電気電導度に低下傾向が認められること、ファイバースコープ等の外観目視により、ナトリウムの残存が無いことを確認し洗浄終了とする。
- なお、ここでの洗浄は、蒸気洗浄終了後（管束下部内部、管束上部内部及び管束中部内部の蒸気洗浄）に行う水洗浄及び解体して洗浄を行う一連の洗浄作業の中での一次洗浄の位置付けであり、狭隘部に残る少量のナトリウムは想定しており、下記で行う目視での確認でナトリウムの付着が認められなければ洗浄終了と判断する。電気電導度での洗浄終了判定は参考的に行うものとする。
- (j)洗浄終了後、開口部の穴を塞ぎ管束内部を窒素ガスにて置換する。
- (k)管束内部に窒素ガスを供給（約 $2\text{Nm}^3/\text{hr}$ ）した状態で保管する。なお、洗浄後の微量の残ナトリウムと残凝縮水との反応により水素ガスの発生が考えられるで、水素ガスが溜まらないように管束上面にガス抜き用の穴を開け、窒素ガス

をブローする。

②管束上部内部（カバーガス部）の洗浄

※本作業におけるナトリウム処理の推定量は、約 7.0 3 kgである。（カバーガス部の付着ナトリウムは炭酸安定化されていると推測される）

- (a)水蒸気凝縮水のドレン孔の穴を（天地 2 力所）開ける。
- (b)ファイバースコープにて、内部のナトリウム付着状況を確認する。
- (c)図中(I)の管束内部に、(I)から(H)部への蒸気及び空気の流入によるナトリウム反応を防止するため、窒素の供給を開始する。窒素の供給量は上記(2)の洗浄と同様 $50\text{Nm}^3/\text{hr}$ とし、洗浄中の窒素と混合した蒸気は $10\text{Nm}^3/\text{hr}$ 以下で行う。
- (d)カバーガス部のステンレス閉止板を、全て取り外す。
- (e)蒸気洗浄を開始する。蒸気の注入方向、管束の回転のタイミング等については、上記3.2.1項(2)の手順に準じる。
- (f)採取した凝縮水の電気電導度に低下傾向が認められること、ファイバースコープ等の外観目視により、ナトリウムの残存が無いことを確認し洗浄終了とする。
- (g)洗浄終了後、開口部の穴を塞ぎ管束内部を窒素ガスにて置換する。
- (h)管束内部に窒素ガスを供給（約 $2\text{Nm}^3/\text{hr}$ ）した状態で保管する。なお、洗浄後の微量の残ナトリウムと残凝縮水との反応により水素ガスの発生が考えられるで、水素ガスが溜まらないように管束上面にガス抜き用の穴を開け、窒素ガスをブローする。

③管束中部内部（伝熱管表面）の洗浄

※本作業におけるナトリウム処理の推定量は、約 3.2 kgである。（伝熱管表面部等はおおよそ炭酸安定化されていると推測される）

管束中部は全長で約 4 m 有り、洗浄部が長尺であるため既存の開口部 2 力所の他に、新規に 4 力所（伝熱管サポート間の中心）の開口部を設け、各々の開口部から管束軸方向に 6 段階に分けて洗浄する。

- (a)水蒸気凝縮水のドレン孔及び蒸気洗浄用開口部の穴（周方向均等に 8 力所）を開け、一時、ステンレス板等で閉止する。
- (b)ファイバースコープにて、内部のナトリウム付着状況を確認する。
- (c)図中(H)の管束内部に IHX 下部から窒素ガスを供給し、過剰なナトリウム反応を防止する。
- (d)熱遮蔽板部からカバーガス部に向かって、順次洗浄を行う。また、この時最上部の開口部は窒素ガス排気及び水素ガス排気のため、洗浄中は常時ステンレス閉止板を取り外したままとし、蒸気供給口以外は閉止したままとする。
- (e)蒸気の注入方向、管束の回転のタイミング等については、上記3.2.1項(2)の手順に準じる。
- (f)採取した凝縮水の電気電導度に低下傾向が認められること、ファイバースコ

等の外観目視により、ナトリウムの残存が無いことを確認し洗浄終了とする。

④管束下部、中部、上部の水洗浄

蒸気での洗浄が全て終了したら、ステンレス閉止板を全て取り外しファイバースコープ等の外観目視によりナトリウムの残存が無いことを確認した上で、図中(i)～(h)部の水洗浄を行う。

<安全対策>

- ・洗浄前・洗浄後にファイバースコープにより、内部のナトリウムの残存状態を確認する。
- ・洗浄時、洗浄者の足下付近に凝縮水が溜まる可能性があるため飛散防止板を準備する。以下の手順においても必要に応じ飛散防止板を準備する。

(3)管束下部鏡部及び上部鏡部の切断及び洗浄

下部鏡部内（下部プレナム）には、ドレン管のサイホン切れによるナトリウムが最大で約16kg程度、塊状に残留していると予測される。このため、本部分のナトリウムは削り取り等を行い燃焼処理を行うものとする。

①管束上部鏡部の切断及び洗浄

※本作業におけるナトリウム処理の推定量は、約0.4kgである。

- 下降管（2次系ナトリウム入口）を、管台溶接部周辺にて切断し切り離す。
- 上部鏡部（上部プレナム）を管板付近にて切断する。
- 切断した上部鏡側は、グレーチング上に移動し蒸気洗浄を行う。
- 管板表面のナトリウムをヘラまたはアルコール等で除去し、伝熱管穴をビニールシートで分割（5分割以上）養生する。
- 伝熱管内部を窒素ガスにて置換する。

②管束下部鏡部の切断及び洗浄

※本作業におけるナトリウム処理の推定量は、約16.3kgである。

- 下部鏡部（下部プレナム）を管板付近にて切断する。
- 切断した下部鏡部は、ビニールキャスクにて養生する。
- 下部鏡部の窒素ガス置換を行い、燃焼室に一時保管する。
- 管板表面のナトリウムをヘラまたはアルコール等で除去し、伝熱管穴をビニールシートで分割（5分割以上）養生する。
- 伝熱管内部を窒素ガスにて置換する。
- 管束下部鏡部については、残存ナトリウム（約16kg）が多いためナトリウムの掻き出しや削り取りを行い、灯油付けにして保管する。ナトリウムを取り除いた下部鏡部は、燃焼室で燃焼処理を行う。

〈安全対策〉

- ・下部鏡部のプレナム内には、比較的多量のナトリウムが残存していると推定されるため、極力下部管板付近（図中寸法参照）で切断すると共に、溶断の際には、貫通させないよう細心の注意を払う。
- ・伝熱管内部の洗浄において蒸気注入側と排出側を取り違えないように、上部及び下部管板表面のビニールシートの分割養生は対称に行う。

(4)伝熱管内部及び下降管内表面（2次系Na入口配管）の洗浄

※本作業におけるナトリウム処理の推定量は、約0.15kg／セット（総重量約30kg）である。

- (a)上部及び下部管板表面の伝熱管穴閉止用のビニールシートを部分的に剥がし、新規製作した洗浄治具（約10本程度で一括洗浄）で蒸気洗浄を行う。
- (b)最初の、10本×3 set分程度を洗浄し、電気電導度又は中和滴定にて洗浄時間を確認し、その後の洗浄時間を決定する。最終的には2,044本の伝熱管内部を順次洗浄する。
- (c)上部プレナムの下降管（2次系Na入口配管）ノズルの閉止板を切斷し、管内部を蒸気洗浄にて洗浄する。

〈安全対策〉

- ・1日での洗浄は不可能であるため、洗浄中に全ての伝熱管が大気中に晒されないように、分割して（5分割程度）窒素ガスを封入・保管できるよう措置する。
- ・蒸気排出口が、Na処理室西側シャッターの飛散防止板より高い位置となる場合は、隨時管束を回転させ、屋外にNaが飛散しないよう措置する。
- ・また、グレーチングまたは架台上の外に凝縮水が飛散する場合は、伝熱管の蒸気排出側付近に飛散防止板を準備する。

(5)管束解体・水洗浄

この時点では下降管のセーフエンド部、下降管サーマルスリーブ内表面、その他ボルトのネジ部等の洗浄が困難な部位については、解体時に隨時洗浄を実施するものとする。尚、解体した部分については、最終的に再度水洗浄を実施した後に廃棄するものとする。

3.2.3 外胴部のナトリウム洗浄

図3.2.3にIHX外胴解体・洗浄手順を示す。

(1)外胴輸送・ナトリウム処理室への運搬

外胴の撤去・運搬については、3.2.1項(3)②～⑤の管束の撤去・解体・運搬手順に準ずる。

(2)外胴の切断及び胴下部とピストンリング部の洗浄

※本作業におけるナトリウム処理の推定量は、約2.4kgである。（外胴内表面部は炭酸安定化されていると推測される）

- ①水蒸気凝縮水ドレン孔の穴を開けるため、1次系Na入口配管を外胴との溶接部外周付近でアークガウジング又はプラズマ溶断機にて切断し取り除く。
- ②切断した1次系Na入口配管は、グレーチング上に移動し蒸気洗浄を行う。
- ③胴中部と胴下部が、それぞれ固定できるように、木製架台等を追加する。
- ④切断した胴下部は、グレーチング上に移動させ、内部を蒸気洗浄にて洗浄する。
- ⑤胴中部のピストンリング近傍に、塊状の残存ナトリウムが多少あると思われるため、ナトリウムの掻き出し等で取り除く。取り除いたナトリウムは燃焼室で燃焼処理を行う。
- ⑥サーマルスリープを切断し取り除き、蒸気洗浄を行う。
- ⑦ピストンリング部を蒸気洗浄にて洗浄する。

(3)胴上部カバーガス雰囲気部及び胴中部の洗浄

※本作業におけるナトリウム処理の推定量は、約0.5kgである。（カバーガス部は炭酸安定化されていると推測される）

- ・胴上部カバーガス雰囲気部を蒸気洗浄にて洗浄する。
- ・続いて胴中部の内部を蒸気洗浄にて洗浄する。

(4)解体・水洗浄

解体した部分については、最終的に水洗浄を実施した後に廃棄するものとする。

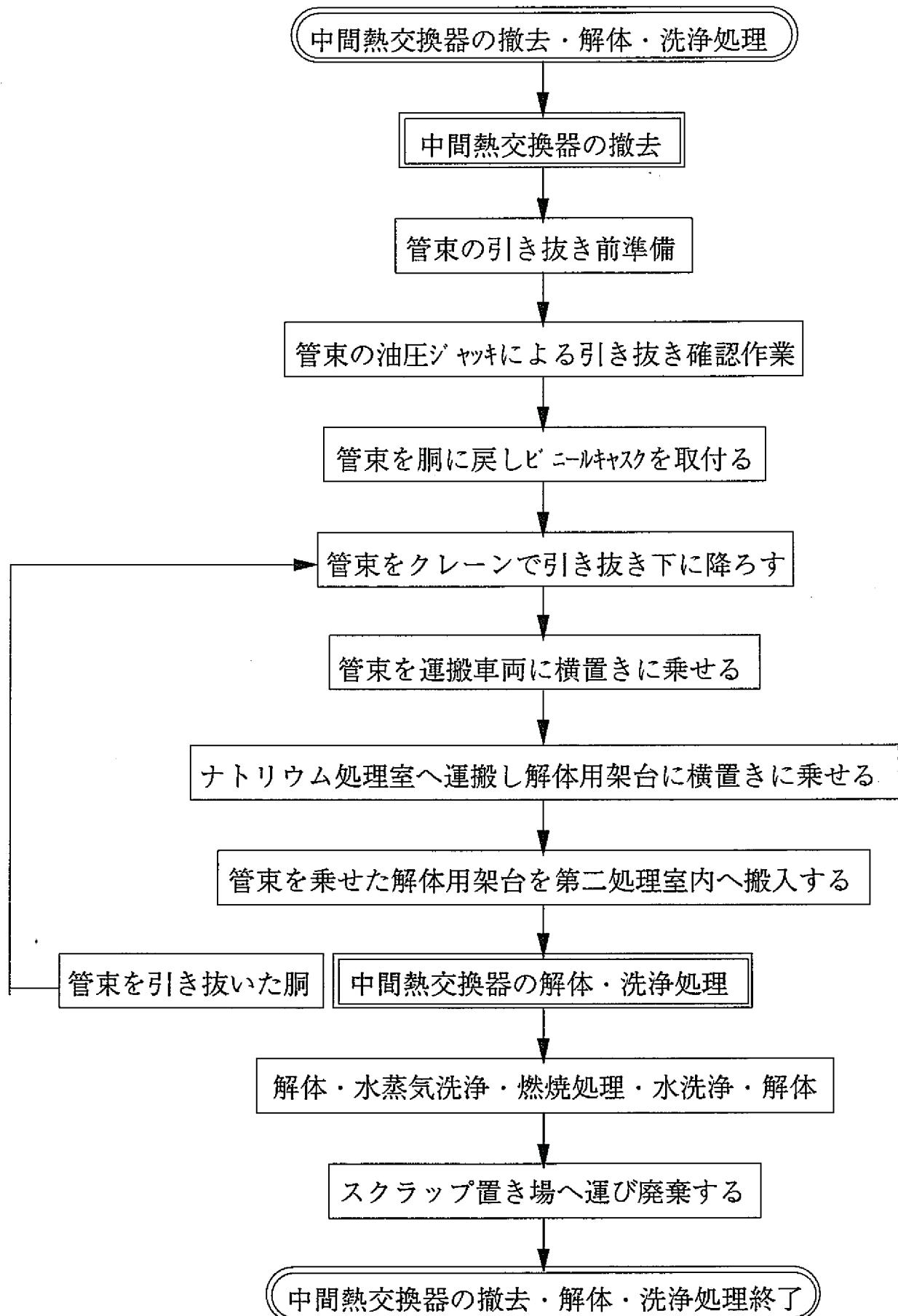


図3.2-1 中間熱交換器の撤去・解体・洗浄処理の全体作業フロー

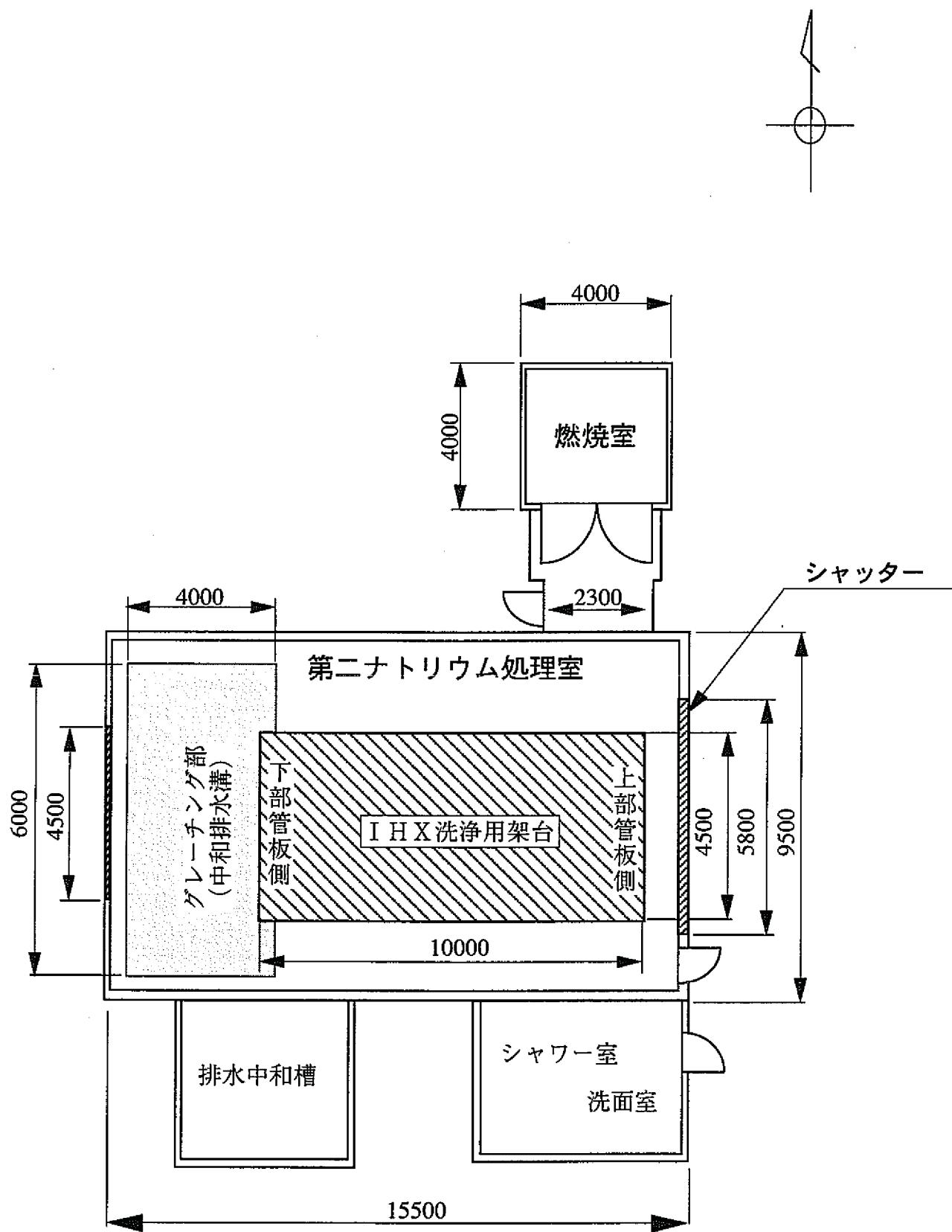
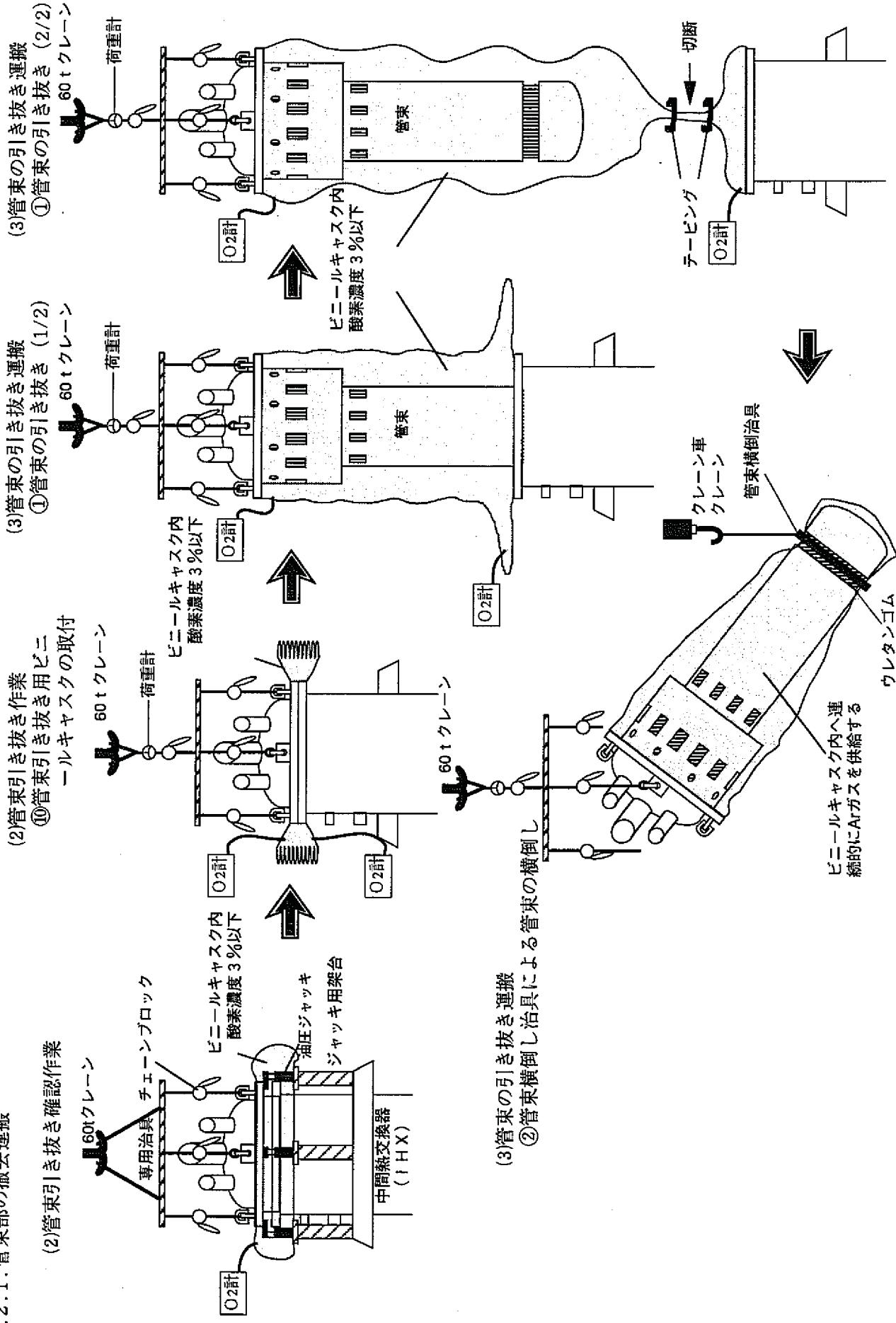


図3.2-2 IHX輸送用架台配置計画図

3.2.1. 管束部の撤去運搬



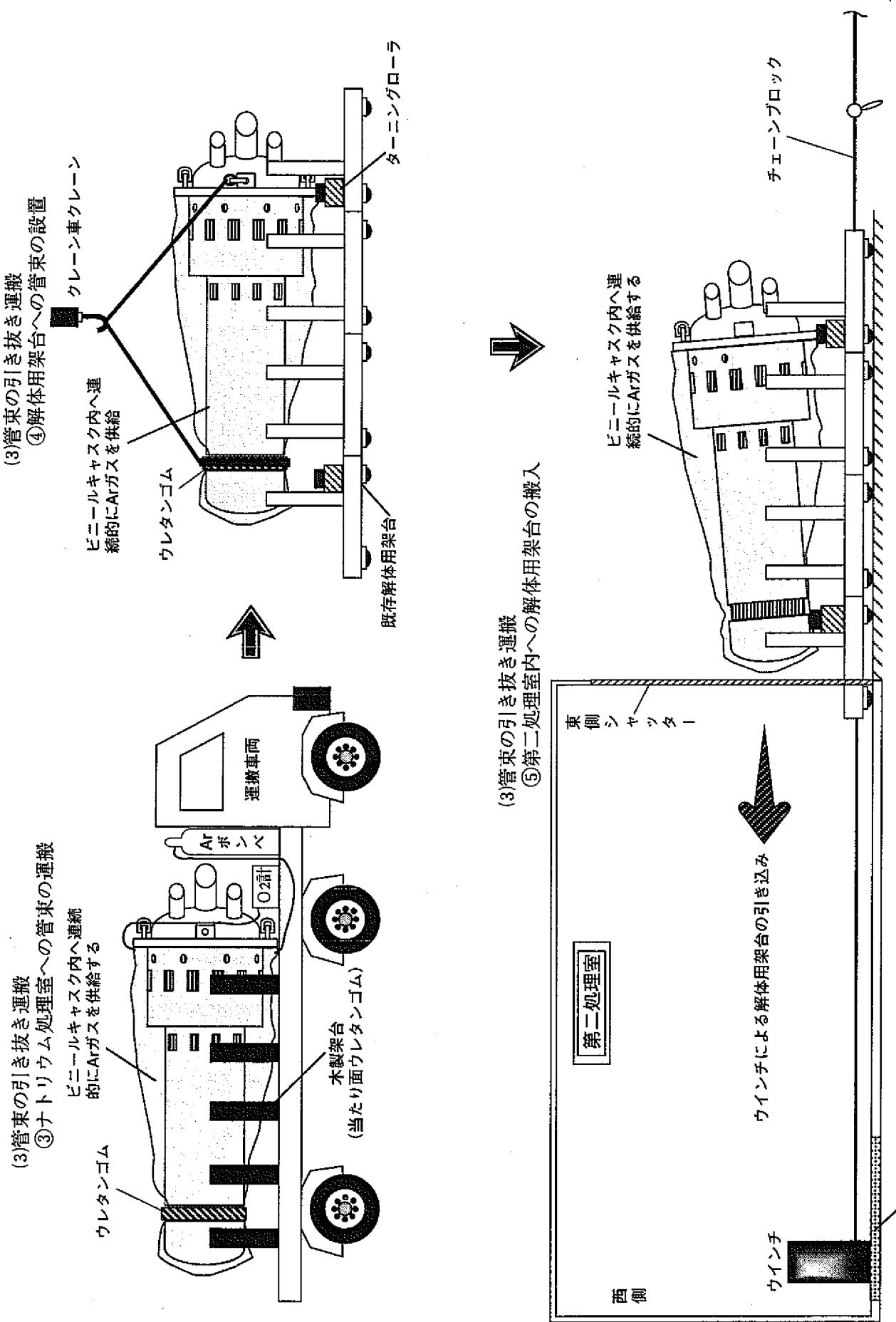
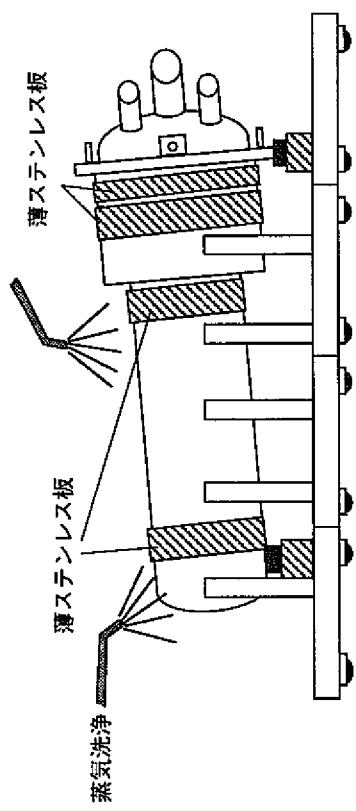


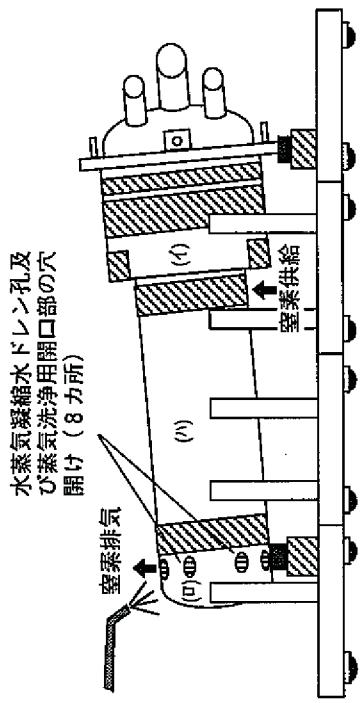
図3.2.1 中間熱交換器の撤去・運搬手順（2／2）

3.2.2 管束部のナトリウム洗浄

(1) 内胴外表面全体の洗浄

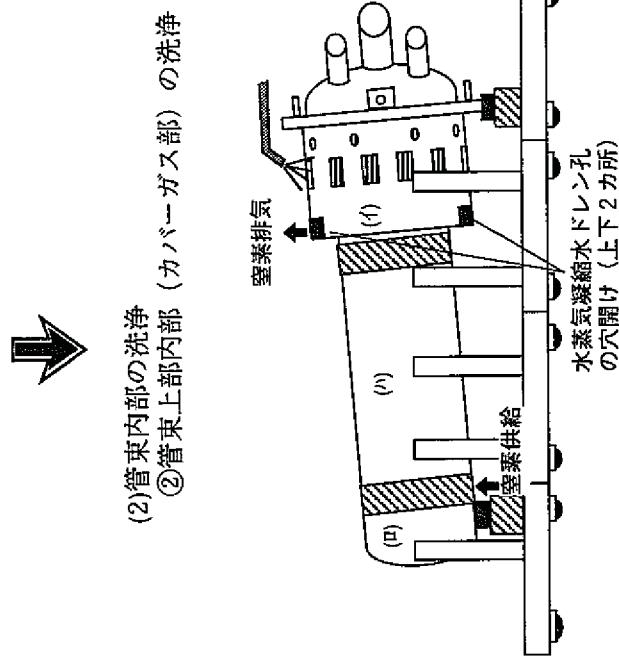


- (2) 管束内部の洗浄
① 管束下部内部 (熱遮蔽板部の洗浄)



- (2) 管束内部の洗浄

- ② 管束上部内部 (カバーガス部) の洗浄



- (2) 管束内部の洗浄
② 管束上部内部 (カバーガス部) の洗浄

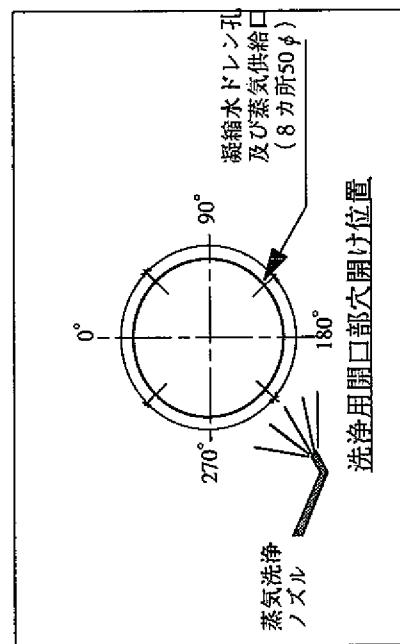
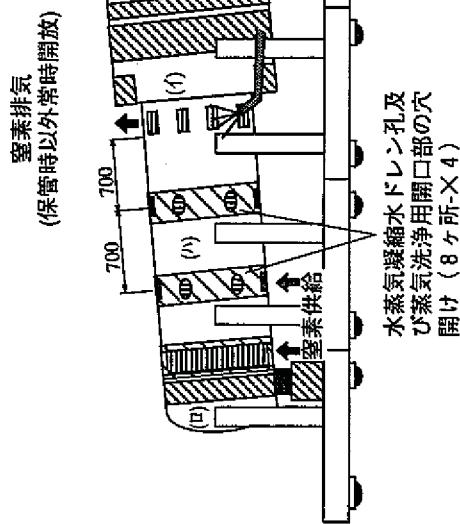
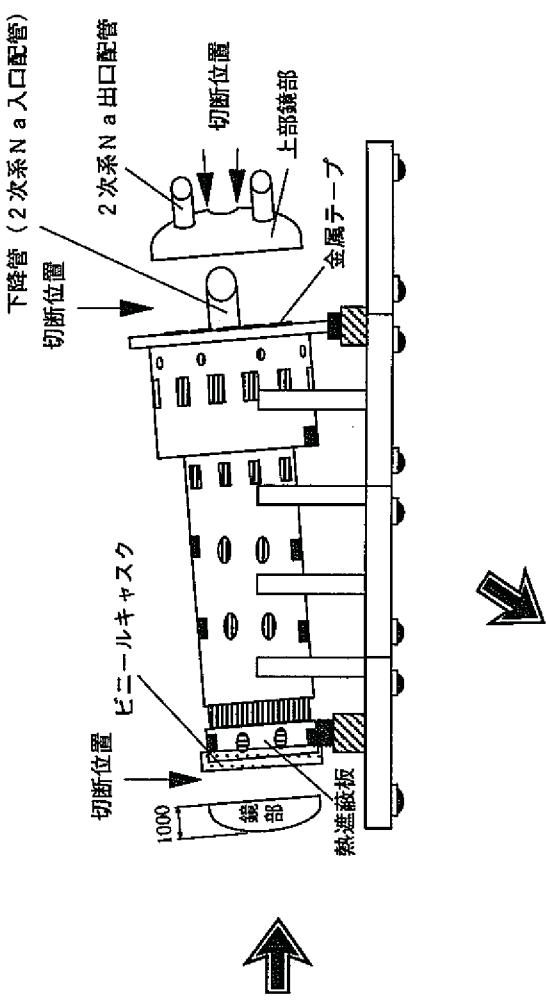


図 3.2.2 IHX 管束解体・洗浄手順 (1 / 2)

(2)管束内部の洗浄
③管束中部内部（伝熱管表面）の洗浄



(3)管束下部鏡部及び上部鏡部の切断及び洗浄



(4)伝熱管内部及び下降管内表面 (2次系N a入口配管) の洗浄

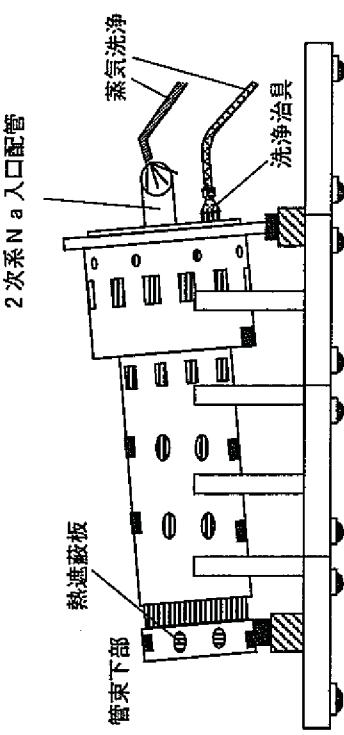


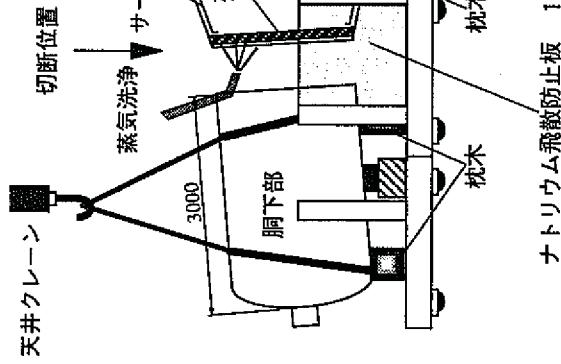
図 3.2.2 IHX管束解体・洗浄手順 (2/2)

3.2.3 外胴部のナトリウム洗浄

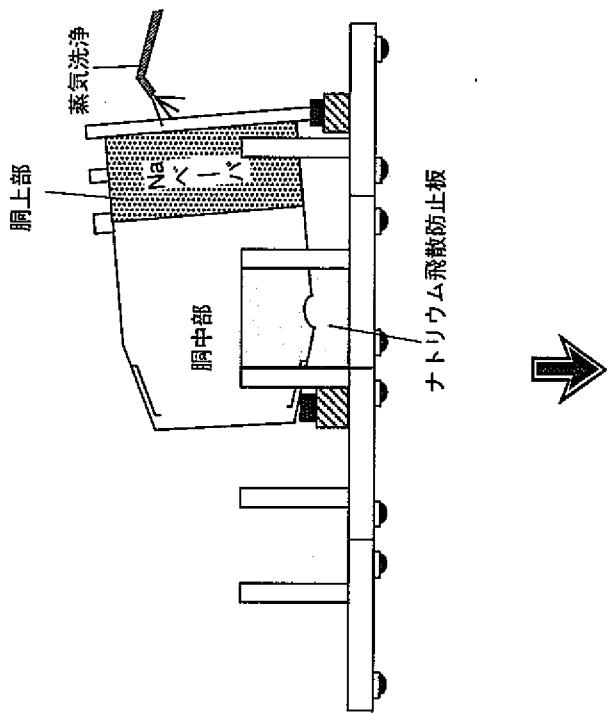
(1)外胴輸送・ナトリウム処理室への運搬
・管束部の輸送と同様の方法で行う。



(2)外胴の切断及び胴下部とピストンリング部
の洗浄



(3)胴上部カバーガス雰囲気部及び胴中部の洗浄



(4)解体・水洗浄

図3.2.3 IHX外胴解体・洗浄手順

3.3 撤去・解体工事に関する安全管理について

3.3.1 工事体制

本工事では、以下の体制により工事管理及び安全管理を実施する。

(1) 体制

工事の実施体制を図3.3.1-1に示す。本工事は、原子炉工学室の管理責任のもとに適用法規及び規格等を遵守し実施する。

(2) 緊急時（火災、人身、地震）の連絡体制

① 勤務時間内の緊急連絡体制

原子炉工学室の通報連絡網に従う。（図3.3.1-2参照）

② 勤務時間外の緊急連絡体制

原子炉工学室の通報連絡網に従う。（図3.3.1-3参照）

③ 地震時の点検・連絡体制

原子炉工学室の地震時点検及び通報連絡表に従う。（図3.3.1-4参照）

通常の地震時点検項目以外に、50MWS G施設内での作業中であれば、油圧ジャッキ、クレーン、吊り具、ビニールキャスク、ガス供給状況等の異常の有無、処理室内での作業中であれば、ターニングローラ上のIHXの設置状態の変化、解体用架台の異常の有無を確認する。

④ 請負メーカ側の緊急体制

勤務時間内：請負メーカ側の緊急連絡体制（図3.3.1-5参照）

勤務時間外：請負メーカ側の緊急連絡体制（図3.3.1-6参照）

(3) 異常時の連絡体制

現場作業中に異常が発生した場合には、作業責任者に連絡すると共に、作業を中断する。作業責任者は速やかに施設管理者へ通報する。

3.3.2 安全管理

本工事の安全管理は原子炉工学室の管理及び責任のもとに実施し、安全作業を維持するための法令及び動燃の定めた安全に関する諸規則を遵守し、以下の事項の実施により確実な安全管理の確保に努める。尚、大洗工学センター内の安全作業諸規則リストを表3.3.2-1に示す。

(1) 教育訓練及び資格

ナトリウム機器の取扱作業者全員（メーカ作業員）に対して、PNCが以下のナトリウム取扱訓練を実施する。尚、一般工事に関する安全教育については、請負メーカが実施する。

① ナトリウム取扱訓練（動燃主催）・・・1時間

・場所 50MWS G施設及びナトリウム処理室

・参加者 ナトリウム配管、機器類の切断等の取扱作業員（約10名）

・内容

- ナトリウムの物性
- ナトリウム取扱の体験
- ナトリウムの燃焼、消火訓練

②安全作業に係わる教育（動燃主催）

請負業者が工事の安全を確保するために遵守すべき事項を定めた、以下の仕様書等を用いて教育を行う。また、異常時、緊急時の連絡体制を周知するための教育も行う。

- ・現場作業仕様書
- ・請負作業の安全管理要領

③一般安全に対する入構者教育（メーク主催）・・・4時間

入構者を対象として、高所作業、防火、工具及び事業団規則等について教育を行う。

④本工事に対する有資格作業について

本工事に係わる作業員は、従事する作業に応じて以下の資格を有する者が行う。尚、資格の確認は免許証（写し）の提出により確認し、熟練度については履歴書（写し）の提出により確認する。

- ・危険物第3類取扱免状
- ・クレーン運転士免許証
- ・玉掛け技能講習終了証
- ・足場の組立等作業技能講習終了証
- ・その他、労働安全衛生法による免許証

(2)作業管理

I H X解体・洗浄期間中の作業管理の充実を図るために次の項目を実施する。

①日常実施項目

- ・毎朝ミーティングを開き、その日の作業、前日の実績、安全対策についての検討や実施を確認する。また、夕方にはその日の作業終了、実績等の報告、及び明日の作業予定についての検討や実施内容を確認する。
- ・毎朝T B M-K Yを実施し、本日の作業内容を作業員に周知させ、危険予知活動を行わせる。尚、適宜、現場責任者、洗浄作業指揮者または補助員が出席し必要な指示を与える。
- ・日常活動として、現場責任者は現場のパトロールを実施し作業環境の安全確保や現場の整理整頓などについて確認する。

②週間実施項目

- ・週間の作業工程の確認として、毎週金曜日夕方（16：00）に週間工程会議を開催し、次週の予定、今週の実績、進捗状況、安全対策等の確認を行い、適宜、

必要な指示を与える。構成員は、請負メーク側は請負作業責任者、安全衛生責任者等、動燃側は作業責任者、現場責任者、洗浄作業指揮者、補助員とする。尚、月末の週間工程会議では、月間工程単位での進捗状況の確認を併せて行う。

- ・週間工程会議前に現場パトロールを合同で実施する。参加者は、動燃側は作業責任者、現場責任者、洗浄作業指揮者、補助員、請負側は、請負作業責任者、請負安全衛生責任者、請負現場責任者とする。

3.3.3 撤去・解体工事に係わる安全対策

本工事に係わる安全対策は、請負メーク作成の安全管理要領書を基に行うが、その概要を以下に示す。

(1)一般工事に関する安全対策

①作業環境の整備

- ・資材・機材の整理、整頓を日常行う。
- ・暗い場所の作業は照明を用意して行う。
- ・雨の屋外作業は原則として中止する。
- ・屋外クレーン作業時は、風速10m/s以上の時は作業中断あるいは中止する。
- ・関係者以外の立ち入り禁止の措置をとる。
- ・開口部はネット等を設置し、作業員、工具等の転落、墜落防止等を図る。

②工具の点検及び使用上の注意

- ・工具等は始業前点検を実施する。
- ・使用にあたっては、適正な方法で使用し、使用後は所定の場所に保管する。

③保護具の着用

- ・作業者は作業服、作業靴、作業帽、手袋、前掛け等、作業内容に適合したもの を着用する。
- ・現場においてすべての作業者は、作業帽、安全帯、安全靴を着用する。
- ・粉塵及び有害光線を発生させる作業を行う時は、それぞれ適合した保護眼鏡及びマスクを着用する。

④玉掛け作業時の事故防止対策

- ・玉掛け作業は玉掛け作業資格者が行う。
- ・吊荷、荷重を明確に判断し、ワイヤ選定表によってワイヤを選定し、正しく使 用する。
- ・玉掛けに使用する工具は、安全であることが確認されたものを使用する。
- ・屋外の吊り上げ作業で強風（風速10m/s以上）には作業を中断する。
- ・クレーンより直視できない場所は合図者を2名以上配置し、トランシーバ等に より連絡を密にして作業する。

⑤墜落事故防止対策（高所作業）

- ・高所作業又は足元が不安定な場所での作業を行う場合は必ず安全帯を使用する。
- ・足場組み立ては足場責任者の指導・監督により行う。

- ・2m以上の高所作業を行う場合は足場設備を使用する。

⑥落下物に対する事故防止

- ・資材・機材の吊り上げ作業をする場所は監視人を置き、吊り上げ物の直下作業は行わない。
- ・上下作業は基本的に行わない。
- ・足場上や機器上部には、材料、工具等を置かない。
- ・安全具（ヘルメット）を着用し、顎紐をきちんと締める。

⑦電気災害の防止対策

- ・電気機械工具の充電部が露出したり、ケーブル類の絶縁被覆が損傷しているものは使用しない。
- ・電気機械工具はすべて接地極付きのものを使用する。
- ・分電盤、電気機器工具ドラムの使用にあたっては、適正な取り扱いを行う。

⑧火災防止対策

- ・ガス切断、溶接作業又は火の粉が出る作業は下部及び周囲に引火し易いものがないか確認してから作業する。
- ・ボンベ類はボンベ置き場を設置し、空、充の区別をし、整理する。ボンベ類は転倒防止のため、完全に拘束しておく。
- ・切断、溶接作業時には、防炎シートを設置し、周辺の機器を養生し火炎防止に努める。又、周辺には可燃物を置かない。
- ・火気使用作業完了後、30分以上の経過後に再度現場確認を行う。

⑨警戒区域の設定

- ・屋外での機器吊り上げ作業等でクレーンを使用する場合には、立ち入り禁止区域を設定し、縄張り標識等を設置し、みだりに部外者が立ち入らないようにする。

(2)ナトリウム機器類の解体撤去工事に関する安全対策

①ナトリウム配管の切断

- ・本工事で発生する危険箇所には立ち入り禁止区域等の明確な表示をしロープ等でエリアを区切る。
- ・有資格者（危険物第3類取扱者）の指示の基に実施する。また、作業単位グループの責任者は必ずナトリウム取扱経験者とする。
- ・ナトリウム取扱時は軽装備防護具を着用する。
- ・切断はバンドソー、パイプカッター、ハンドグラインダー等を使用する。
- ・不活性ガス（微圧）をローしながら作業を実施する。
- ・切断箇所の下部に鉄板を敷き、直接ナトリウムと接触しないようにする。
- ・切断箇所の廻りにはナトックスを配備する。
- ・重量物を取り扱う場合は、作業手順、切断位置、サポート状況の確認後、作業を開始する。

②緊急時の措置

(a)緊急時の連絡体制

安全工学部（時間内）、原子炉工学室（時間外）及び図3.3.1-5の請負メーク側の緊急連絡体制表による。

尚、ナトリウム配管切斷時における異常の定義は、ナトリウムが燃焼し、その影響によって建屋等へ燃え移り火災拡大の可能性がある場合及び人身事故が発生した場合とする。

(b)停電時

停電が発生した場合、作業を中断する。また、切斷を行っているときは、切斷箇所の切斷機（バンドソー等）を取り除き、テープ等で密閉処理する。なお、瞬間的な停電は安全確認の上、工事を続行する。

3.3.4品質保証

(1)品質管理

品質保証については、品質保証計画書を請負業者に作成させ、承認後遵守させる。

(2)文書管理

本工事に係わる書類の審査、承認は以下の通り実施する。

①承認図書関係

書類の審査、承認は次の通りとする。

請負メーク→原子炉工学室（工事担当→工事担当GL→室代→室長）

（承認図書）

- ・工程表、施工要領書、品質保証計画書
- ・安全管理要領書、承認図、打合せ議事録、試験検査要領書
- （提出図書）
- ・決定図書、完成図書
- ・試験検査成績書、記録写真集

②届け出関係

届け出書類の提出は次の通りとする。

請負メーク→原子炉工学室（工事担当→工事担当GL→室代→室長）

- ・作業着手届け、作業員名簿、作業完工届け
- ・クレーン使用許可願い
- ・工事電力使用許可願い
- ・火気使用、溶接機設置、ポンベ設置許可願書
- ・時間外作業届け、休日作業届け
- ・工事日報、週報

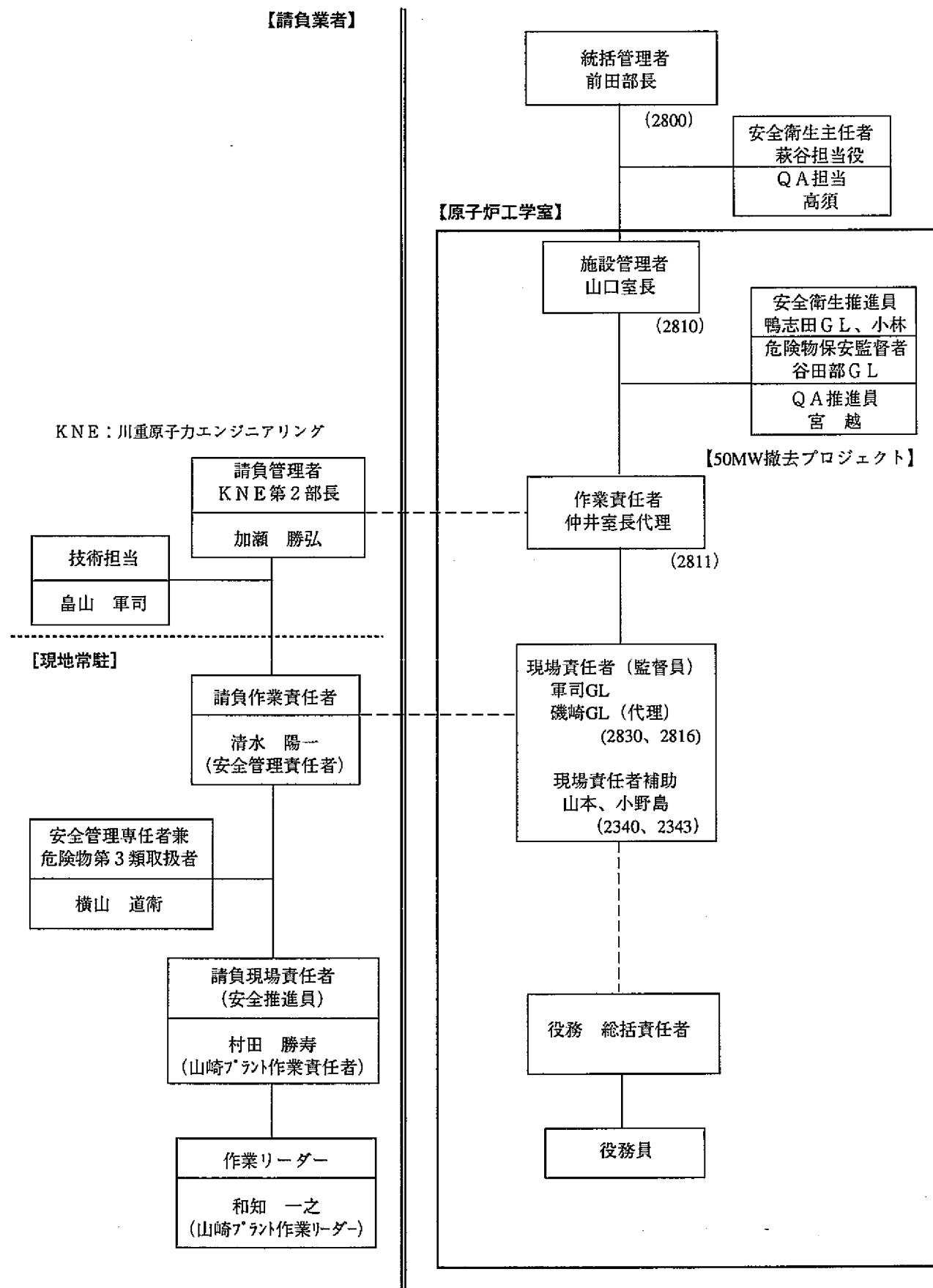
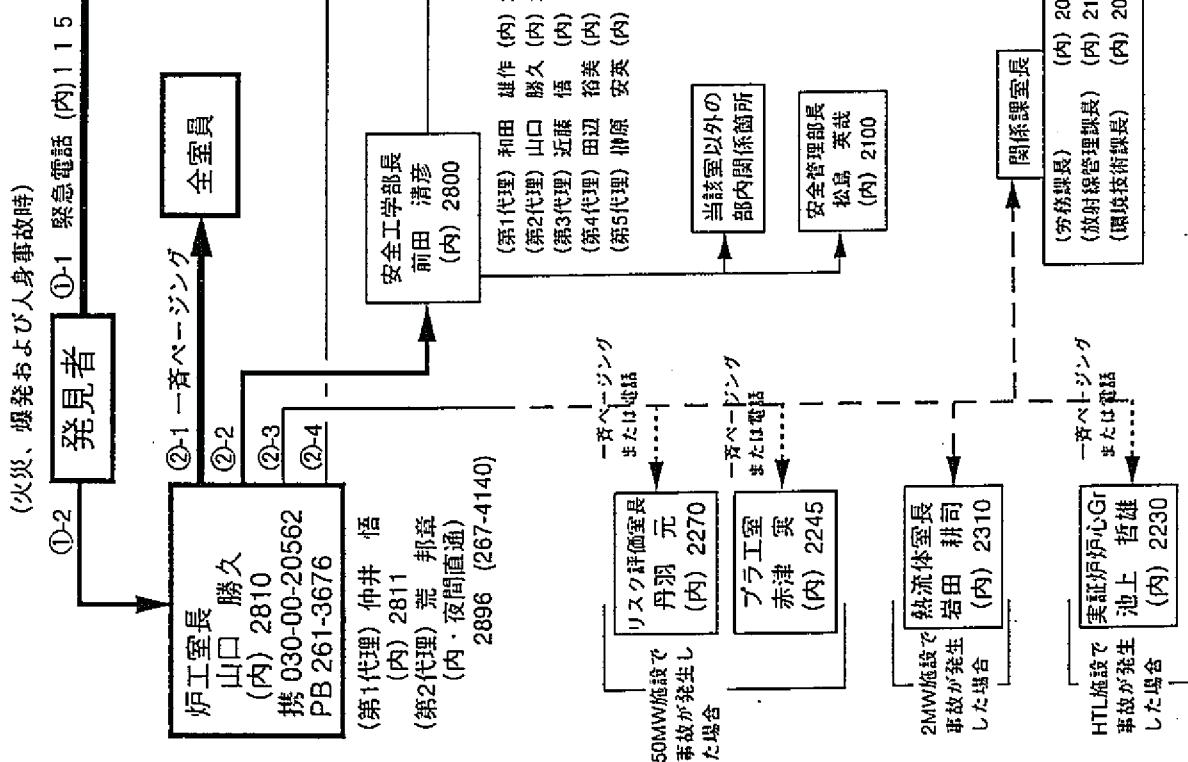


図3.3.1-1 中間熱交換器撤去・解体作業実施体制

5. 原子炉工学室 緊急連絡網（勤務時間内）

平成9年10月3日改訂
①10/1 人事異動に伴う改訂



注1) 第1報の報告は、防護活動指置規則の様式1に基づいて行うこと。

注2) ○数字は優先順位、点線は必要のある場合は。

注3) 通常連絡は原子力安全協定の趣旨に則り、発生した事象の大小に向わらず、直ちに行う事。

注4) 緊急を要する火災、人身事故については、連絡責任者等関係部署へ迅速に通報する。

緊急電話 (内) 115を利用する。

注5) 各部署室長は、発生した事故故障等の内容を記録すること。

図3.3.1-2 原子炉工学室緊急連絡網（勤務時間内）

7. 原子炉工学室・地震時点検及び通報連絡表

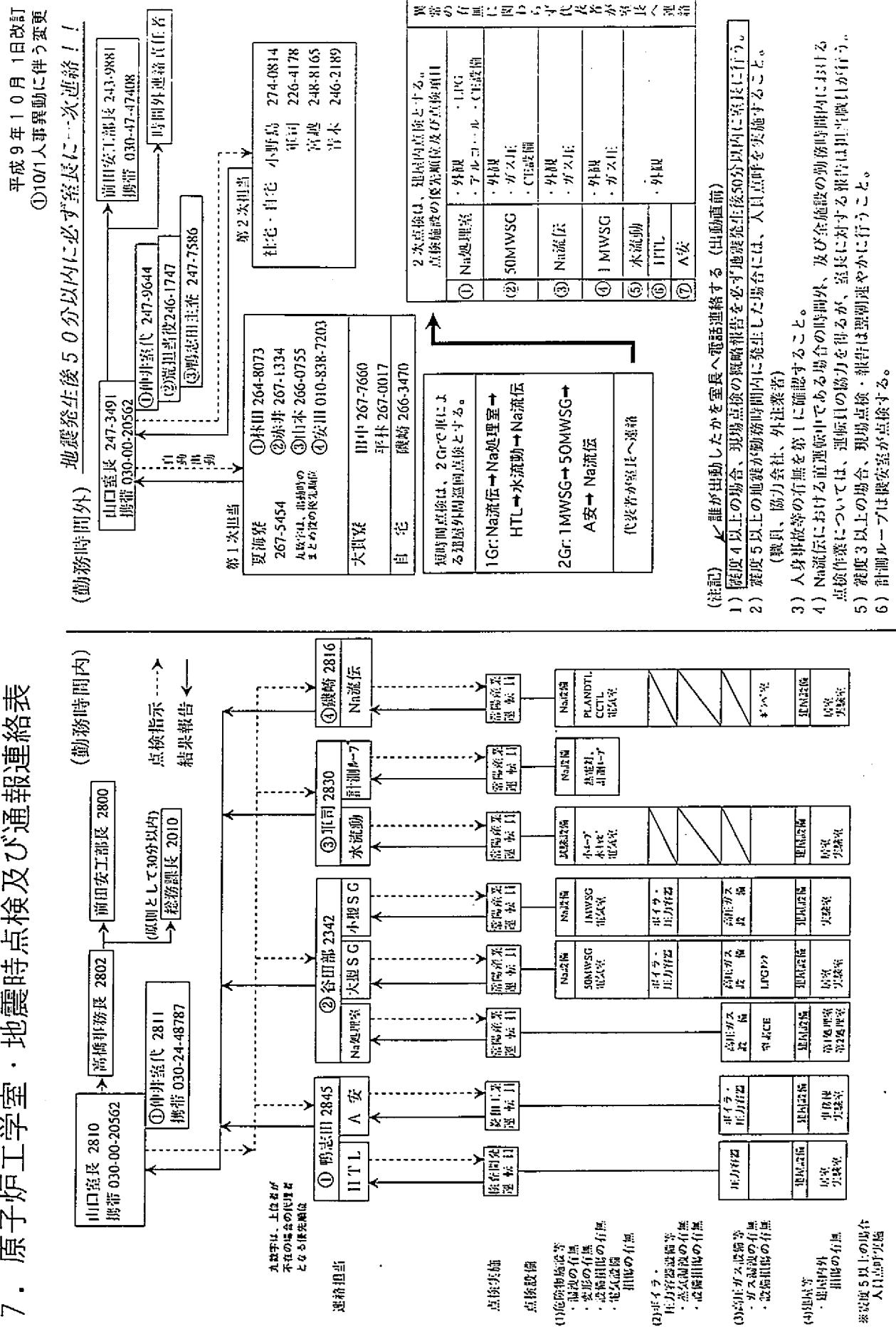


図3.3.1-4 原子炉工学室地震時点検及び通報連絡表

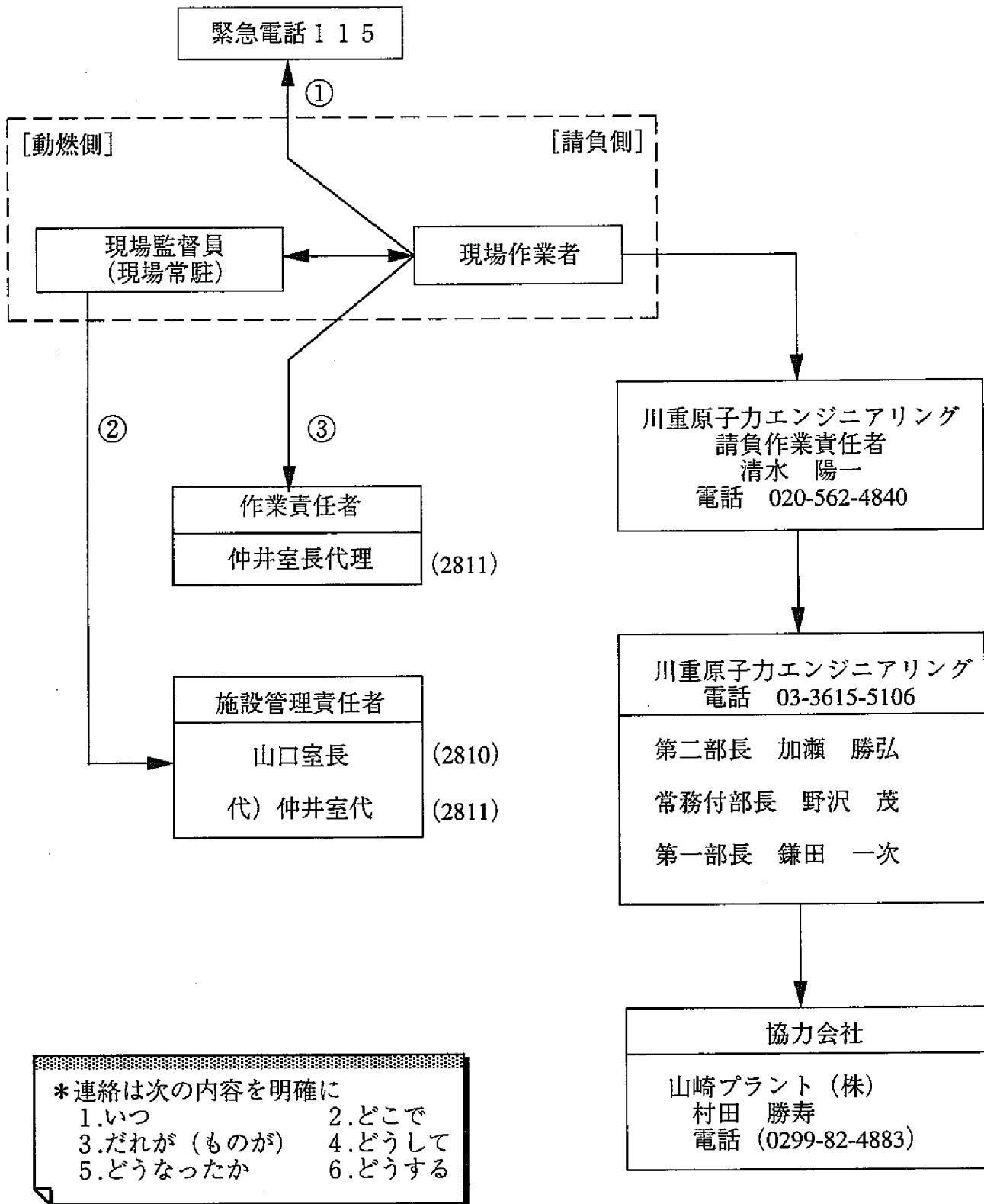


図3.3.1-5 緊急連絡体制（勤務時間内）

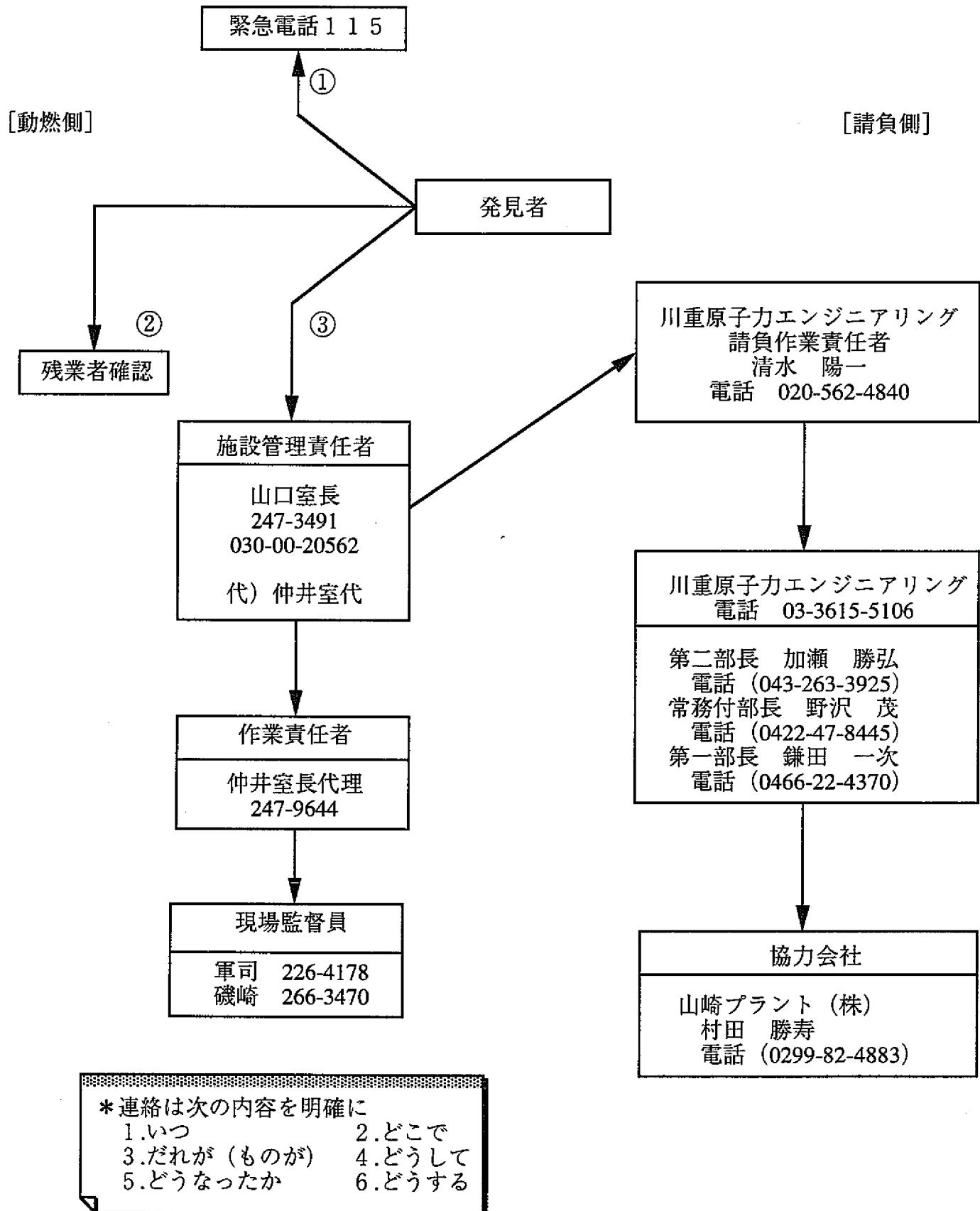


図3.3.1-6 緊急連絡体制（勤務時間外）

表3.3.2-1 大洗工学センター内安全作業諸規則リスト

○一般法規

1. 日本工業規格（JIS）、ASTM規格、ASME規格
2. 労働安全衛生法
3. 消防法
4. 電気対策関連法規
5. 電気事業法
6. 高圧ガス取締法

○ 大洗工学センター内安全作業要領

1. 現場作業仕様書
2. 請負作業の安全管理要領
3. ナトリウム取扱テキスト
4. 危険物災害予防規定（運搬関連）

3.4 洗浄作業安全管理及び安全対策（PNC主体の作業）

3.4.1 作業安全管理

(1) 作業体制

図3.4.1-1に中間熱交換器洗浄実施体制を示す。

洗浄作業（保管のための措置作業等は除く）は、原則、通常の勤務時間内での作業となるように（残業とならないよう）計画・実行するものとする。

但し、計画以上に洗浄時間がかかり、途中で洗浄を中断し保管すると危険であると判断した場合には、継続して作業を完了させる。

(2) 作業工程

中間熱交換器の解体・洗浄工程計画表を表3.4.1-1に示す。

IHXの解体・洗浄は約40日程度の計画としている。

(3) 教育・訓練

洗浄作業者全員に対し、洗浄作業前に洗浄作業指揮者が以下の教育訓練を実施し作業中の安全確保を図る。

①消火器、空気呼吸器、防護具類の取扱訓練

②洗浄装置の取扱訓練及び実技訓練

③洗浄手順のマニュアル読み合わせ、異常時措置要領のシミュレーション訓練

(4) TBM-KYの実施

作業開始前及び作業内容が変更となった場合には、TBM-KYを実施して災害防止を図る。また、業者側の作業変更を行う場合は、業者側作業責任者と協議し了解を得たうえで作業に着手するものとする。

(5) 作業内容・工程及び作業現場の管理

① 日常ミーティングの実施

現場監督員は、毎朝のミーティングに出席し、その日の作業内容、作業員数、前日の作業実績、安全対策等を確認する。

② 週間工程会議

現場監督員は、毎週金曜日の夕方の週間工程会議に出席し、次週の予定、今週の実績、安全対策の実施状況等を確認する。

③ 現場パトロール

管理者による現場パトロールの実施に加え、作業責任者は毎日、現場パトロールを実施し、整理整頓状況、不安全行為等に対する是正を指示する。また、毎週金曜日の週間工程会議前に、作業責任者、現場監督員は請負業者と合同で現場パトロールを実施する。

④作業内容・手順の変更

作業内容が変更となる場合には、現場監督員は作業責任者に報告を行い、作業要領・手順の見直しを行う。

(6)作業者の資格

①ナトリウム機器の切断・解体作業者

ナトリウム設備の切断作業は、請負業者の危険物第3類の有資格者の指示・監督のもとに実施する。

②ナトリウム洗浄処理作業者

ナトリウム洗浄処理作業は、洗浄作業指揮者の指示・監督のもとに実施する。ナトリウム洗浄作業指揮者は、危険物第3類の有資格者とする。

3.4.2 安全対策

(1) 夜間等の保管管理

①洗浄は、各々の洗浄段階が終了するまで行うものとし洗浄途中での終了・保管は原則行わないものとする。

②保管は、IHXの開口部をビニールキャスク等によって閉止し、窒素ガスにより酸素濃度を3%以下（窒素ガス中に空気が混入した場合の水素爆発を引き起こす酸素濃度上限界約5%（空気濃度約25%））に置換し保管を行うものとする。

③管束解体時の保管のための窒素供給は、ナトリウムの付着状況、洗浄の終了段階及びビニールキャスクの気密性能を踏まえ、最大5カ所から供給する。また、窒素供給の方向はIHXの底部から天井側に向かって排出する様に接続する。その位置は以下の通りである。

- ・カバーガス部…1カ所
- ・管束内部…2カ所
- ・ビニールキャスク…2カ所（管束搬入時のみ）

(2) ナトリウム火災防止

①撤去・解体・洗浄作業による、蒸気やナトリウムエアロゾル（想定内）により火災報知器が作動する可能性があるため、守衛所・2MWへの火災報知器を遮断するが、その旨を守衛所に連絡する。

②ナトリウム洗浄処理のために必要な配管類等の切断及び解体作業は、ナトリウム処理室にて行う。

③ナトリウム処理室にて行う場合は、ナトレックス消火器及び缶入りナトレックス粉末を備える。

- ・一般火災に対して、ABC消火器を備える。

(3)発生水素ガス爆発防止対策

水蒸気洗浄により発生する水素ガス排出のため以下の対策を講じる。

- ・建屋の2箇所のシャッターを開放し、屋外に拡散し易くする。
- ・建屋の換気扇を作動させ、建屋上部に水素ガスが滞留しないように屋外に強制排気する。

(4)防護具

配管機器類の切断・解体作業、ナトリウムの溶解・燃焼処理作業及び水蒸気洗浄作業時には、以下に示す防護具を着用することとする。また、反応ナトリウムの飛散防止対策として、飛散防止板を準備する。着用する防護具の種類は、機器への残存ナトリウム量、周囲環境条件等を考慮して洗浄作業指揮者が指示するものとする。洗浄作業時に着用する、基本的な防護具は以下の通りである。

①溶解・燃焼処理作業時

半長靴、耐熱手袋、ヘルメット、保護面、防塵マスク、防護衣（軽装備）

②水蒸気洗浄作業及び切断・解体作業時

半長靴、長手袋、ヘルメット、保護面、防護衣（軽装備）

(5)異常時に必要とする器材の準備

異常時の作業に備えて以下の装備を配備する。

- ①耐熱防護衣・・・3着をナトリウム処理室に配備する。
- ②空気呼吸器・・・3台をナトリウム処理室に配備する。

(6)切断時の管理（火災防止）

- ①切断は、溶断等の熱によるナトリウムの燃焼を防止するため、原則熱による影響の少ない、パイプカッター、バンドソー、グラインダー等を使用する。外胴等の厚肉部の切断は、アークガウジング（溶断機の一種）を用いてある程度表面を掘り下げた後、グラインダー等を用いて最終的に切断を行うものとする。
- ②洗浄作業指揮者が、内部のナトリウムの付着状況を構造により確認し、燃焼の危険性が無いと判断される場合は、アークガウジングやプラズマ溶断機で切断を行う。
- ③切断時は、不活性ガスを常時ブローしながら実施する。
- ④切断時は、輸送用架台の金属製のパン上で行われる。それ以外で行う場合は、鉄板等による養生を行い、その上に金属製の受け皿を設置するとともに周囲の可燃物を排除し延焼防止の措置を行う。
- ⑤切断時には、ABC消火器またはナトレックス消火器を準備しておく。

(7)燃焼時の措置（燃焼室を除くNa処理室内）

- ①容器内の燃焼の場合は、窒素を供給し、併せて開口部を金属板等で密閉することで窒息消火を行う。

- ② 容器から漏れだしたナトリウムが有る場合は、ヘラ等で金属製の受け皿上に掻き取り、ナトレックスにより消火する。

3.4.3 緊急時の措置

火災、爆発および人身事故が発生した場合、発見者は緊急電話（115）にて連絡を行う。

発見者から緊急電話（115）への連絡は、次の要領で行う。

- ① 「ナトリウム処理室の〇〇です。何時何分、〇〇洗浄中に〇〇火災発生、火災状況は（燃焼範囲等を具体的に）であり、火災による人身事故は（無し、有り／有りの場合の症状を説明）、応援は（必要／不要）です。」
- ② 緊急電話（115）連絡後、発見者は直ちに施設管理者（発見者が請負業者の場合には動燃、現場責任者へ）に連絡する。
- ③ 職場防護班が編成された場合は、防護班指揮下にはいる。

(1) 通報連絡体制

緊急時の通報連絡体制は、図3.3.1-2（原子炉工学室時間内）及び図3.3.1-3（原子炉工学室時間外）緊急連絡網に従う。

(2) 地震時

地震時の点検・通報体制は、図3.3.1-4原子炉工学室の地震時点検及び通報連絡表による。

地震発生時は、設備全般を点検して異常の有無を確認し、異常が無ければ施設管理者の承認を得たうえで洗浄作業を継続する。

(3) 停電時

停電が発生した場合は、燃焼作業時にはナトレックス消火剤等により直ちに消火する。水蒸気洗浄時には、直ちに作業を中断する。洗浄物にナトリウムが残存していて停電が長引きそうな場合は、不活性ガスを封入してプラスチックキャップ等の措置を講じる。

(4) ナトリウム火災時

火災時の通報連絡体制は、図3.3.1-2安全工学部（時間内）及び図3.3.1-3原子炉工学室（時間外）緊急連絡網による。

火災発生時は、直ちに緊急電話（115）を行い消防署への通報を依頼する。その後直ちに施設管理者に連絡すると共に、初期消火、負傷者がある場合は救護等の処置を臨機応変に行うこととするが、人身の安全を第一とする。場合によっては、緊急避難し、職場防護班により組織的に対応する。

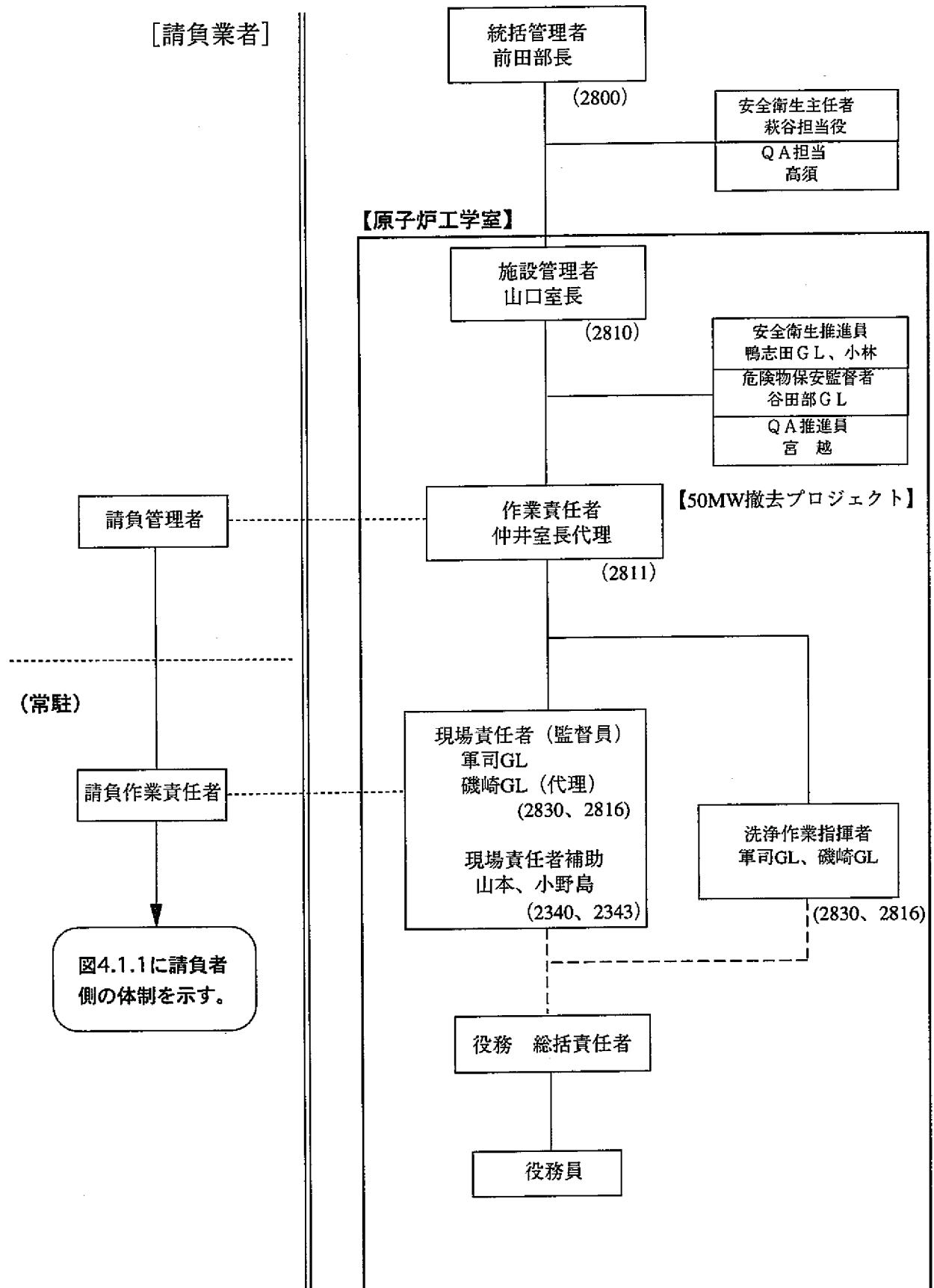


図3.4.1-1 中間熱交換器洗浄実施体制

表 3.4.1 中間熱交換器の撤去・解体・洗浄工程計画

	1997																																							
	10					11										12																								
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1.JHX撤去・解体準備																																								
(1)資材・道工具搬入	◆	◆																																						
(2)仮設足場組立、架台撤去	◆	◆	◆																																					
(3)リップシール部切断、ボルト撤去		◆	◆	◆																																				
(4)油圧ジャッキ用ジグ取付		◆	◆																																					
2.管束撤去・輸送																																								
(1)管束の油圧ジャッキによる引抜き確認																																								
(2)管束引抜き用ピニールタグ取付																																								
(3)管束の引抜き・横倒し																																								
(4)ナトリウム処理室への運搬・引き込み																																								
3.管束解体洗浄																																								
(1)内胴外表面全体の洗浄																																								
(2)管束内部の洗浄																																								
(a)管束下部内部(熱遮蔽板部)の洗浄																																								
・洗浄用開口部の穴明け																																								
・熱遮蔽板部の洗浄																																								
(b)管束上部内部(ガス部)の洗浄																																								
・凝縮水用ドレン口穴明け																																								
・ガス部の洗浄																																								
(c)管束中部内部(伝熱管表面)の洗浄																																								
・洗浄用開口部の穴明け																																								
・伝熱管表面の洗浄																																								
(d)管束下部、中部、上部の水洗浄																																								
(3)管束下部鏡部及び上部鏡部の切断及び洗浄																																								
・管束上部鏡部の切断及び洗浄																																								
・管束下部鏡部の切断及び洗浄																																								
(4)伝熱管内部及び下降管内表面の洗浄																																								
(5)管束解体・水洗浄																																								
4.外胴解体・洗浄																																								
(1)外胴輸送・ナトリウム処理室運搬																																								
(2)外胴切断及び胴下部とビストンリング部の洗浄																																								
(3)胴上部ガス部・下降管内表面の洗浄																																								
(4)解体・水洗浄																																								

4. 作業記録

4.1 管束部の撤去・運搬

4.1.1 管束引き抜き作業前準備；10/22～10/31

①足場組立、干渉架台の撤去……………写真-4.1.1-1

②フランジ、ボルト・ナットの取り外し……………写真-4.1.1-2

③フランジ部のシールプレート穴開け、Na付着状況確認……………写真-4.1.1-3

・シールプレートをドリルにて穴開けし、プラズマ切断を実施する前にNaの有無を調査した。この結果、内部にNaが無いことが確認されたため、プラズマ切断によりシールプレートを溶断することに決定した。

・シールプレート内部は、Naベーパが付着している程度であった。

・ビニールキャスクによる保管養生が実施されるまで穴開け部は、ガムテープ養生を行った上から、当て布を行いロープで固定した。（但し、翌日までの正圧保持は不可能であった。）

④油圧ジャッキ用架台取付……………写真4.1.1-4

⑤Na処理室床面養生、引き込み用レール、ワインチの設置……………写真4.1.1-5

⑥フランジのシールプレート部の溶断……………写真4.1.1-6

シールプレートの切断はプラズマ溶断機にて、IHX内をArガスでプローチつつ行った。溶断後の開口部は、随時ガムテープにて閉止を行った。

⑦引き抜き確認用ビニールキャスクの取付……………写真4.1.1-7、8

ビニールキャスクのシールはガムテープ及びステンレスバンド（キャスクずれ落ち防止）により行った。また、フランジのボルト穴はゴム栓にて閉止を行った。

⑧IHXピストンリング部予熱開始……………写真4.1.1-9

IHX管束引き抜きのため、ピストンリング部近傍約1mの幅でヒータを設置。夜間よりヒータ電源を投入し、IHX外胴表面で約70°C、内挿部（2～3cm）で65°Cまで加熱した。管束ジャッキアップが開始されるまでの、総予熱時間は約7hrであった。

4.1.2 管束引き抜き確認作業；11/4

①管束引き抜き準備……………写真4.1.2-1

・油圧ジャッキをフランジ部4ヶ所にセット。Ar置換（開始時はO₂=0%）を実施した。

・管束吊具側からチェーンブロック、吊り天秤、ロードセルの順で吊り具をセットした。

②管束ジャッキアップ開始……………写真4.1.2-2～5

ジャッキアップは指揮者の号令により、油圧ジャッキ圧力計を監視しつつ行った。また、ジャッキアップの号令は油圧ジャッキのストローク回数（1ストローク＝0.3～0.4mm程度上昇）で行われた。同時に、IHXの法兰ジ間寸法を測定して管束の水平度を調整しつつ引き抜いた。

・油圧ジャッキ圧力の低下

ジャッキアップ開始から、圧力計が15 MPa（＝43.4ton）まで上昇した時、圧力が低下傾向を呈し始めたためこの時点で一旦静置・保持した。

圧力が13 MPa（＝37.6ton）まで低下・安定傾向となつたため、再度ジャッキアップを開始したが、以降は圧力は上昇することもなく、徐々に低下傾向を示した。図4.1.2に管束引き抜き荷重の経時変化図を示す。

・油圧ジャッキにて200mm迄引き抜き

約170～180mmジャッキアップした時点で、管束が大きく揺動したことからピストンリングの引き抜きは完了したことを確認した。

・油圧ジャッキへのスペーサ挿入

天井クレーンにより吊った状態で、50mmのスペーサを挿入後（油圧ジャッキのストロークが200mmしか有していなかったため）、管束のジャッキアップを再開し、引き抜き目標値の250mmまで再度ジャッキアップを行つた。最終的な引き抜き代は約260mmであった。

・チェーンブロック及びクレーンによる管束吊り上げ確認

チェーンブロック及びクレーンにより管束を徐々に吊り上げ、無理な荷重が掛から無いことを確認した。（この作業は、管束構造から約300mm付近で干渉する恐れのある部材が有つたこと。吊り代の関係上、管束引き抜き時にロードセルをセットできなかつたため行われた。）

- ・管束重量＝24.01ton（ロードセル指示値）

- ・引き抜き代＝約380mm

- ・O₂濃度＝1.5%

③管束輸送用ビニールキャスク取付……………写真4.1.2-6

管束を一旦元の状態に戻し、引き抜き確認用ビニールキャスクと同様の取付方法にて、管束輸送用のビニールキャスクに交換・取付を行つた。

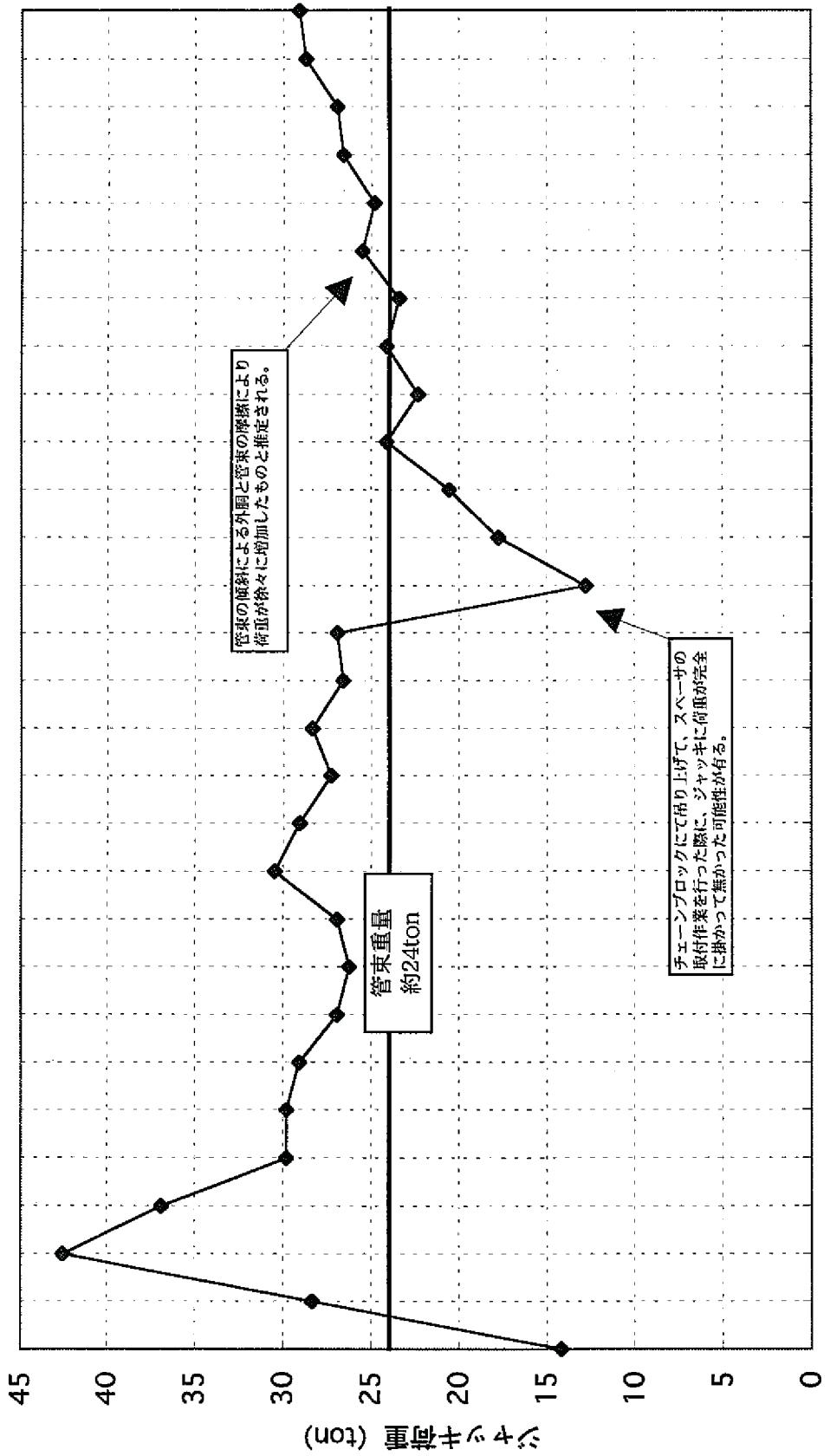


図4.1.2 管束引き抜き荷重の経時変化

①Na処理室への輸送準備

トラック、クレーンを配置するとともに、トラックにABC消火器、ナトレックス消火器、Arボンベを配備した。

②管束ジャッキアップ

ナトリウムの再固着が無いか再確認するため、約110mmまで再度油圧ジャッキにて引き抜き確認を実施した。

③チェーンブロックによる吊り上げ

構造物との干渉を避けるため、チェーンブロックにて慎重に引き抜きを行った。約120mm引き抜き後、西側へ管束が揺動し、ピストンリングが引き抜かれれたことを確認し、引き続き約280mmまで引き抜いた。

④クレーンによる引き抜き開始……………写真4.1.3-1、2

50ton天井クレーンにて、管束引き抜きを開始した所、Arを連続供給をしつつもO₂濃度が上昇するため（最大で10%程度、但し、O₂濃度上昇によるNaの発火は全く見られなかった。）、約1m引き抜き毎に吊り上げを停止し、O₂濃度が3%低下となるまで保持した。また、Ar供給によるビニールキャスクの膨張を防止するため、約1m毎に麻紐で固縛した。

⑤管束-外胴のビニールキャスク分離・切断……………写真4.1.3-3

管束および外胴とも、ビニールキャスク切断部はキャスクを2重にして養生を行い固縛した。

⑥管束のクレーンによる吊り下ろし・横倒し……………写真4.1.3-4

管束を1Fまで吊り下ろし後、管束横倒しジグを取り付、天井クレーンおよびトラッククレーンを利用して共吊りを行い、トラック上の管束洗浄用架台に横置きした後、トラック上のArボンベに接続変更しNa処理室へ運搬した。

⑦Na処理室への管束引き込み、保管養生……………写真4.1.3-5

管束の引き込みは、管束洗浄用架台下部にチルタンク（ローラ）を取り付け、予めNa処理室に設置しておいたH鋼（引き込み用レール）の上に配置した。ここで、ワインチによる引き込みを計画していたが、容量の問題等も有り、Na処理室のクレーンを利用し引き込みを行った。

輸送中においては、ビニールキャスク内部の酸素濃度の上昇は無くまた、Naの発火も全く見られなかった。

4.2 管束部のナトリウム洗浄

4.2.1 管束外表面全体の洗浄

(1)管束洗浄準備；11/6 Na処理量=8.4kg

①管束廻り足場組立

洗浄・管束解体用の門型足場の組立てを行った。

②管束開口部廻り拭き取り洗浄、閉止作業

残存Naが多いと推定される下部管板開口部から、水を含ませたウェスによる拭き取り洗浄を行った後、ゴム板及びステンレス鉄板により開口部を閉止後、ステンレステープ、ステンレスバンドにより養生を行った。

拭き取り、閉止作業においては、極力空気中との接触を避けるため、キャスク内で作業を行うよう心掛けた。そのため、作業時はN₂の供給量を増加させるとともに、部分的にカッターにてキャスクに切り込みを入れ、その部分より腕を挿入し作業を行った。

③下部熱遮蔽板間のNa残留状況確認

ファイバースコープおよび針金を、ドレン孔（φ10mm）より挿入し、Naの付着状況を確認した。内部には、大量のNaは残留していなかった。

④管束底部の残留Na除去及び洗浄……………写真4.2.1-1、2

管束底部の液的状のNa、カバーガス部の固着Naはヘラによる搔き取りを行った。搔き取り作業はキャスク内で行った。

カバーガス表面は、炭酸安定化の効果により非活性なNa化合物が多く付着していたが、Na搔き取り時に非活性なNa化合物の内層に残留していたと思われるNaによって僅かながら火花が発生した。（キャスクに引火する程の火花では無かった。）

これら塊状のNaを搔き取り後、部分的にキャスクを開放しつつ管束部外表面のスチーム洗浄を開始した。

⑤搔き出しNaの燃焼処理……………写真4.2.1-3

キャスク内及び管束下部鏡板底部に残留していた、Na及びその化合物を燃焼室にて処理した。

⑥夜間保管……………写真4.2.1-4

キャスク内酸素濃度及び水素濃度の測定を実施するとともに、N₂を約10ℓ/minでブローし夜間保持した。

(2)管束外表面全体の洗浄；11/7 Na処理量=2.0 kg

①ビニールキャスクの取り外し、燃焼処理……………写真4.2.1-5

前日に取り外したビニールキャスクの内の、残りの3/4を撤去し、カバーガス内部とキャスク内の搔き出した炭酸Naは燃焼処理を行った。

②カバーガス開口部閉止……………写真4.2.1-6

カバーガス部周囲の熱電対を撤去後、ゴム板及びステンレス鉄板を開口部にあてがい、ステンレステープ及びガムテープで閉止した後、ステンレスバンドで養生を行った。

カバーガス開口部については、固着した炭酸Naと潮解液が特に多量に付着していたため、ステンレステープの付着性が悪く、特別に、グラインダーにより管束表面の削り取りとアルコールによる拭き取りを行い閉止を行った。

③管束外表面全体の洗浄……………写真4.2.1-7

前項(1)に引き続き管束下部側～カバーガス部の順に、外表面のスチーム洗浄を行った。この時、管束の開口部の閉止作業は終了していたが、カバーガス部については、洗浄中の蒸気によってステンレステープが剥がれたため復旧作業を行った。但し、洗浄を通じて、管束内部のNaとの反応は殆ど見られ無かったことから、既に内部のNaは事前の安定化処理と、引き抜き・運搬の一連の作業における潮解によって有為なNaが殆ど無かったものと推定された。

スチーム洗浄終了後は、水洗浄を行い管束外表面の洗浄を終了した。

④洗浄結果……………写真4.2.1-8、9

水洗浄後もカバーガス表面は、タール状の黒色Na化合物（成分不明）が多数付着した状態であり、苛性ソーダ、炭酸Naの乾燥物の除去は困難であった。なお、その他の部位については、完全に洗浄が行われた。

運転時のNa漏洩の影響と思われる腐食が、フランジ当たり面、カバーガス内胴表面に見られた。

4.2.2 管束内部の洗浄

(1)洗浄準備；11/10～11/12

①管束回転用ローラ取付・調整

管束中間部付近に半円周上に4ヶ所、カバーガス底部に1ヶ所回転ローラの取付を行った。

②レベル計取り外し、水洗浄……………写真4.2.2-1

燃焼室内にて水洗浄（ドブ漬け洗浄含む）及び表面の固着物の除去を行った。

③管束穴開け、管束回転用ローラ取付・調整……………写真4.2.2-2、3

穴開け機は、アトラ（商品名）を使用した。また、穴開けにおいては管束を任意に回転させつつ行った。なお、板厚15mmの管束に穴開けを行うための所要時間は約3min/ヶ所であった。

(a)熱遮蔽板部穴開け

頂点側に熱遮蔽板の隙間毎にスチーム注入口6ヶ所、ドレン口として下部に2ヶ所の穴開けを実施した。

(b)管束中間部穴開け

管束周方向に均等に8ヶ所、軸方向に3ヶ所の洗浄用ノズル取り入れ口とドレン口の穴開けを実施した。

(c)カバーガス部穴開け

カバーガス部、天地（最上端、下端）にスチーム洗浄時のドレン口として2ヶ所の穴開けを実施した。

(d)管束回転……………写真4.2.2-4、5

穴開けのため、クレーンにより偏心吊りを行い回転。管束回転により、管束が傾斜方向にずれ落ちたため油圧ジャッキにて補正を試みた。この時、油圧ジャッキの荷重により、架台梁が変形したため、梁をチェーンブロックにて補強し再度ずれ落ちの補正を行った。

この後、管束架台梁に補強部材を追加し、管束回転及びずれ落ち防止用として軸方向にチルタンクを追加（2ヶ所）した結果以降問題なく管束の回転は行われた。

*夜間保管管理

N₂流量10 l/minでは、週末におけるO₂濃度は部分的には10%を越えるなど十分なガス管理は不可能であった。但し、翌朝までの保管においてはO₂濃度は4~5%未満程度で、十分に許容される範囲で保持可能であった。

(2)熱遮蔽板部洗浄；11/13 Na処理量=3.04 kg

①スチーム洗浄準備

スチーム洗浄装置には、IHX洗浄専用として製作した短尺ノズルを取り付、ノズルを熱遮蔽板の穴開け部にセットした。

②熱遮蔽板部のスチーム洗浄……………写真4.2.2-6~8

(a)洗浄装置は1台で開始し、N₂=5m³/h、蒸気=5m³/h洗浄中のH₂=13LEL% (0.52vol%) であった。

(b)洗浄要領の変更

管束内面の洗浄は、図4.2.2の洗浄治具を管束開口部にセットし洗浄を開始した。しかし、凝縮水の発生量が多くなったこと、熱遮蔽板部内に相当量のNaが残留していたことで（洗浄前、中においても目視では確認できなかった）かなり激しいNa/水反応が発生した。

そこで、洗浄用ノズルを通常使用している長尺ノズルに取り替え、スチーム洗浄を再開した。洗浄装置は1台とし、N₂=50m³/h、蒸気=20m³/h (6ヶ所全ての穴を対象に洗浄)とした。蒸気連続供給時は、H₂=30→20LEL% (1.2→0.8vol

%) で安定した。休憩時は、N₂のみ流動させ保持した。

(c)スチーム洗浄装置追加

H₂=15LEL% (0.6vol%) に低下安定してきたため、スチーム洗浄装置を 1 台 → 2 台に追加し、N₂=50m³/h、蒸気=20m³/hで行った。洗浄は、管板側開口部より集中的に洗浄し、3班に分かれて実施した。（1班40分作業、20分休憩）

(d)開口部追加

上部側からのみの洗浄では十分な洗浄が不可能と判断し、熱遮蔽板部両側側面に洗浄用ノズル注入口を各 1ヶ所（計 2ヶ所）追加し、側面より洗浄装置 2 台を使用し、同時洗浄を行うことにした。このとき、N₂=50→25m³/h、蒸気=5→10→15m³/h と、段階的にN₂、蒸気流量を調整した。

(e)上部穴閉止・洗浄

蒸気をブローし、内部の付着Na^aを吹き飛ばすため、6箇所の上部穴開け部の内 4 箇所を閉止し、蒸気=15m³/h、N₂=25m³/hでブローした。しかしながら、Na未洗浄である中間部側に蒸気が流入するため、閉止を取り外して行った。

(f)管束回転洗浄

管束を180°回転し逆方向より蒸気注入を行う。この時、O₂濃度=12%、H₂濃度=40LEL% (1.6vol%) となったためO₂濃度が低下するまで洗浄中断。O₂濃度=1%、H₂濃度=8LEL% (0.3vol%) で上部 2 穴より洗浄再開したところ、洗浄中H₂濃度=25~0.5LEL% (0.6~0.0vol%) に低下したため洗浄を終了した。

なお、洗浄中は任意に洗浄廃液の導電率も同時に測定したが、洗浄の終了判定は導電率の有為な低下が見られる前に行つた。これは蒸気によりNaOHを完全に除去するのが困難であり、かつ導電率が低下傾向であったことから危険となるようなNa反応は残存していないと判断したためである。

(g)洗浄廃液の重量測定……………写真4.2.2-9

洗浄廃液重量を測定しておき、総廃液重量と中和滴定結果からNa洗浄量を求めた。

(h)洗浄終了

洗浄装置ノズルを利用し、N₂のみにより、熱遮蔽板内の凝縮水をブローすることにした。なお、熱遮蔽板部の水洗浄は管束内部のNa^a洗浄が全て完了した後に行うため、この時点では実施しなかった。

(i)夜間保管

管束内にN₂=5 l/min × 2ヶ所流動させるとともに、O₂、N₂

濃度を測定し、その値が規定値以下となっていることを確認して保管措置を終了した。

(j)洗浄結果

洗浄後、熱遮蔽板部の分解は行われなかつたため、内部の洗浄結果は確認されていない。

(3)カバーガス部洗浄；11/14 Na処理量=34.225kg

①カバーガス部のスチーム洗浄……………写真4.2.2-10、11

南側側面下側の閉止板を2ヶ所取り外し、洗浄装置1台にて洗浄を開始した。蒸気=10m³/h、N₂=30m³/hとし、約10min毎に蒸気流量を変更した。

蒸気=10→15→20→25m³/h

②スチーム洗浄装置追加

北側側面下側の閉止板を2ヶ所取り外し、洗浄装置2台で洗浄を開始した。蒸気=25→40m³/h

③管束回転・洗浄

管束を180°回転し、両側側面下部（管束回転前における上部側）の2方向より、洗浄装置2台で洗浄を再開した。蒸気=40m³/h、N₂=0m³/h、4班各2名で実施した。（1班40分作業、20分休憩）

水洗浄を行い洗浄を終了した。

④洗浄廃液の重量測定

洗浄廃液重量を測定しておき、総廃液重量と中和滴定結果からNa洗浄量を求めた。

⑤洗浄結果……………写真4.2.2-12、13

カバーガス部の下降管の2重管入り口付近に多量の炭酸水素Naと思われる固形物が残留していたが、反応性が無くまた、洗浄が困難であったことから、そのまま廃棄処分することとした。

また、伝熱管表面にも同様に白色の固形物が多数残留していた。

(4)管束中間部洗浄；11/14 Na処理量=2.046kg

①中間部洗浄準備

管束中間部、下部開口部（バッフル板上部のNa流出窓）Naの全ての閉止板の取り外しを行い、内部を確認したところ目視で確認できる範囲の伝熱管の半分は洗浄が終了していた。（熱遮蔽板部の洗浄において、相当量のスチームが管束中間部側に流出したこと。洗浄前に既に潮解していたことが原因と思われる。）

②管束中間部洗浄開始

洗浄装置2台により、管束下部側より洗浄を開始した。蒸気

=40m³/h、N₂=0m³/h。

③洗浄廃液の重量測定

任意に洗浄廃液重量を測定しておき、総廃液重量と中和滴定結果からNa洗浄量を求めた。

④洗浄結果……………写真4.2.2-14～16

以降の、伝熱管の切断において伝熱管表面の洗浄結果を確認した結果、表面に乾燥苛性ソーダが付着していたが、洗浄の結果は良好であった。

4.2.3 管束下部鏡板上部鏡板の切断及び洗浄

(1)下部鏡板切断・燃焼処理；11/17 Na処理量=3kg

①下部鏡板切断切り離し準備

IHX 2次側（伝熱管側）のガス圧を抜くとともに（切断時のNaペーパ吹き出し防止）、2次側Na入口配管に切断時のブロー用としてN₂ラインを接続した。

②下部鏡板穴開け、Na付着状況確認

鏡板内部のNa付着状況確認用として1ヶ所穴開け。ファイバースコープにより内部のNa付着状況を確認し、プラズマ切断を行っても問題がないことを確認した。

③下部鏡板切断……………写真4.2.3-1

下部管板付近から、管束を任意に回転させプラズマにより切断開始。チェーンブロック及びクレーンを利用し、鏡板内部のドレン管ーサポートとの切り離しを行い、燃焼室へ移動した。また、下部管板はビニールキャスク養生を行いN₂ガスを流動させて養生を行った。

④下部鏡板内のNa調査、燃焼処理……………写真4.2.3-2、3

Na燃焼室にて下部鏡板を燃焼処理容器代わりに用い燃焼処理を行った。下部燃焼処理終了後は、鏡板下部にプラズマで穴開けしドレン廃液を処分した。

⑤下部鏡板Na処理量測定

鏡板内にNaが入っていた時に予めマーキングしていた位置まで水を投入しその量を計測することで、Na燃焼処理量を測定した。

(2)上部鏡板切断・洗浄；11/17～11/18

①上部鏡板穴開け、Na付着状況確認……………写真4.2.3-4

上部鏡板内部のNa付着状況確認用として1ヶ所穴開けを行い、鏡板内表面のNa付着状況を調査した。鏡板表面には、白色のNaが薄く付着していたが、プラズマ切断を行っても十分に問題が無い量であることを確認した。なお、このNaはすぐに潮解し茶褐色

色に変化した。

②2次系Na出・入口配管、ドレン管切斷……………写真4.2.3-5

2次系Na出口配管4本、入口配管1本、2次系Na入口配管内のドレン配管1本をプラズマで切斷した。

③上部鏡板切斷・水洗浄……………写真4.2.3-6

上部鏡板を上部管板付近からプラズマにより切斷を行った。

鏡板重量、Na入口配管の構造的な理由から鏡板を1/2ずつに切斷・撤去した。鏡板内表面には、Naの付着がほとんど無かったためそのまま水により洗浄を行った。また、上部管板はピニールキャスク養生を行いN₂ガスを流動させて養生を行った。

4.2.4 伝熱管内部及び下降管内表面の洗浄；11/18～11/20 Na処理量=1.3kg

①伝熱管内面洗浄準備……………写真4.2.4-1

上部、下部管板表面のNa（潮解済み）を濡れタオルによる拭き取り洗浄を行い、伝熱管洗浄用治具架台を取付けた。

②伝熱管内面の洗浄時間の決定……………写真4.2.4-2

図4.2.4の伝熱管内面洗浄用治具概念図に示す洗浄治具（20本分）をセットし洗浄を開始。洗浄時間の決定は、計画通り洗浄廃液を採取し導電率の低下傾向から洗浄時間を決定した。

洗浄治具ノズルのセットには、1セット当たり約1～2minを要した。蒸気=20m³/h、N₂=20m³/hとした。

以下の導電率測定結果から、1セット当たりの洗浄時間を4minと決定した。

14:15	189.6mS/cm
14:16	90.3mS/cm
14:17	20.8mS/cm
14:18	5.64mS/cm
14:19	2.38mS/cm
14:20	1.08mS/cm
14:21	0.67mS/cm

③伝熱管内面のNa処理量の決定

伝熱管内面の総Na処理量の決定は、3セット分の洗浄廃液の中和滴定から得られたNa処理量の平均値より求めた。

以下の中和滴定結果から、1セット当たりのNa処理量=12.7gと決定した。

従って、伝熱管内の総Na処理量=1.3kg

- ・1セット目：廃液量=2.14kg=Na含有量12.4g
- ・2セット目：廃液量=1.36kg=Na含有量13.2g
- ・3セット目：廃液量=1.16kg=Na含有量12.4g

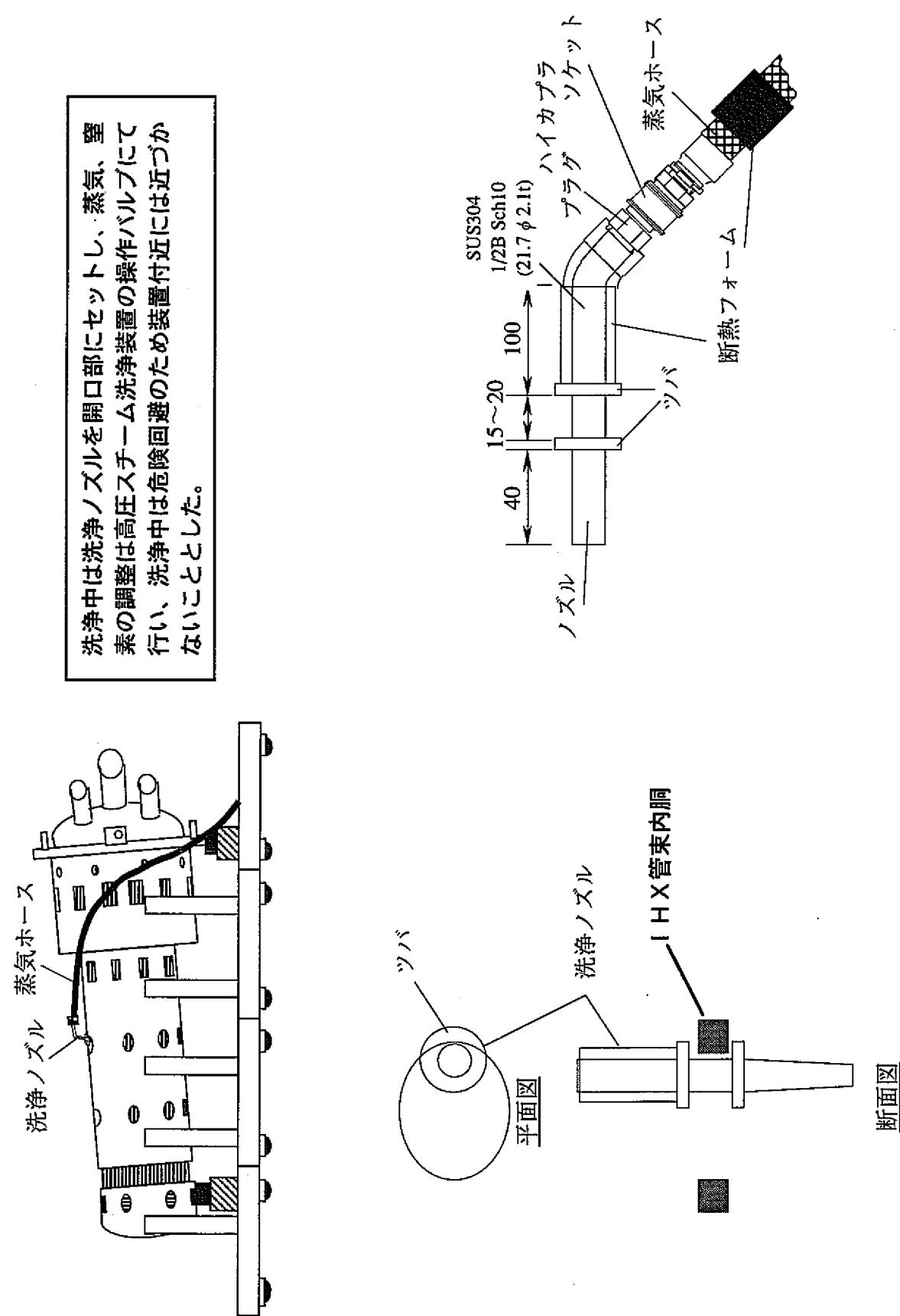
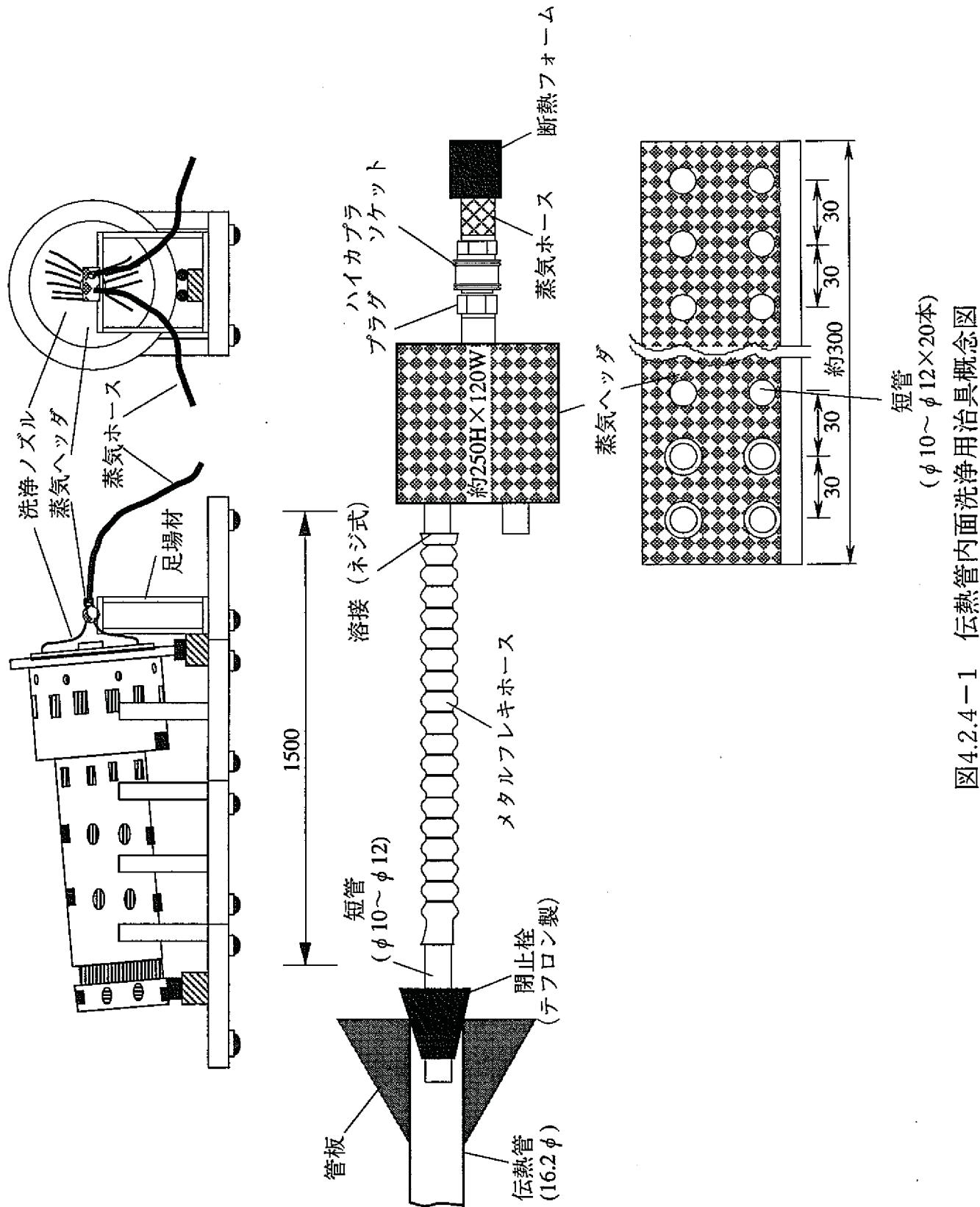


図4.2.2-1 管束内部洗浄治具概念図



④伝熱管内面の洗浄……………写真4.2.4-3

ビニールキャスクの養生は、計画とは異なり一括養生を行った。

(管-管隙間が狭く分割養生が困難であったため)そのため、洗浄を行う部分のビニールキャスクを適宜取り払い洗浄を実施した。

また、洗浄時の安全確保のため、周囲を監視するための人員を後方に配置するとともに、(蒸気噴出量にて)内部に異物やNaが閉塞していないか、常時確認する様配慮した。

また、洗浄を行う前に、管板に1セット毎にマーキングを行うことで、洗浄治具の取付をスムーズに行うことができた。

1セット当たりの洗浄時間は、洗浄治具の取付を含めて約5~6minの所要時間であった。また、洗浄の中盤以降は、平行して蒸気洗浄が終了した伝熱管の水洗浄を実施した。

以下は、伝熱管内面の1日毎の洗浄実績を示す。

- ・ 11/18PM~ Total実績=480/2044本
- ・ 11/19 Total実績=1484/2044本
- ・ 11/20 Total実績=2044/2044本

⑤下降管、ドレン管洗浄

洗浄装置1台により管内部の蒸気、水洗浄を行った。

4.3 管束部の解体・廃棄

(1)管束内胴の切断；11/18~21、25、26……………写真4.3-1

管束(伝熱管を除く)のプラズマ切断を、伝熱管内面洗浄と平行して実施した。

管束の解体は、オリフィスプレート付近から下部側に向かって、軸方向に2分割、周方向に4分割し。また、カバーガス部の内胴と上部管板フランジを切り離した。上部管板フランジ(Φ2650mm)は切断せずスクラップ置き場に搬送した。

解体品は、スクラップ置き場に搬送する前に水洗浄を行った。

(2)伝熱管切断；11/20~11/27……………写真4.3-2、3

伝熱管の切断は、伝熱管内面の洗浄が終了したものから隨時開始した。

伝熱管、下降管及びドレン管の切断は、熱遮蔽板部のNa流出窓、ピストンリング上部付近、上部管板フランジ部の3分割とした。また、伝熱管の切断には、グラインダー、アセチレン、プラズマを併用し行ったが、グラインダーによる作業性は悪く、1日の切断は約400本(伝熱管両端で800箇所の切断)程度であった。

解体品は、スクラップ置き場に搬送する前に水洗浄を行った。

(3)管束のスクラップ置き場への搬送；11/28……………写真4.3-4、5
20tonクレーンにより、カバーガス部・管束中間部・フランジ部・
IHX解体架台をスクラップ置き場へ搬送し管束内胴の洗浄・解体
を全て終了した。

4.4 外胴部の撤去・運搬

(1)外胴撤去準備；12/1～12/3

- ・管束引き抜き用ヒータ撤去、ヒータ固定用ボルトはつり
- ・管束ジャッキアップ用架台撤去
- ・4Fグレーティング撤去、仮設手摺設置
- ・Na処理室レール手直し
- ・吊り具製作・取付準備。開口部養生用足場解体。Arガス供給配管切り替え。外胴固定ボルト・ナット撤去。
- ・外胴吊りピース取付、吊り治具セット・仮吊り

(2)外胴撤去；12/4～12/5

①Na処理室への輸送準備

トラック、クレーン、外胴洗浄用架台を配置し、ビニールキャスクのガス置換を実施した。

②外胴のクレーンによる吊り下ろし・横倒し……………写真4.4-1、2

外胴吊り具をセットし、管束を1Fまで吊り下ろし後、管束横倒しジグを取り付、天井クレーンおよび35tonのトラッククレーンを利用して共吊りを行い、トラック上の洗浄架台に横置きました。

③Na処理室への外胴輸送、引き込み、保管養生

トラックには、ナトレックス消火器、ABC消火器、Arボンベを配備しNa処理室へ運搬した。また、輸送中においては、ビニールキャスク内部の酸素濃度の上昇は無く、また、Naの発火も全く見られなかった。Na処理室への外胴の引き込みは、管束と同様の手法で行い、外胴にN₂を供給し夜間の保管措置を行った。

なお、外胴撤去後の架台開口部は安全のため、即日養生を実施した。

4.5 外胴部のナトリウム洗浄

(1)外胴洗浄準備；12/5……………写真4.5-1

洗浄用ノズルが外胴内部に届かないため、外胴中間部（ピストンリング上部付近）で、プラズマにて2分割に切断した。外胴2分割後、外胴下部・上部に転倒・転がり防止用として脚を取付けた。

洗浄時の凝縮水ドレン口として外胴上、下部の最下端部にそれぞれ穴開けを実施した。

(2)外胴Na洗浄；12/5 Na処理量=9.7kg

①Na搔き取り……………写真4.5-2、3

ヘラ等により、Na、炭酸Naを搔き出した。搔き出したNaは9.6kgでありその大半は、カバーガス部に付着していたものでその殆どはNa化合物であった。次に多かったのは、下部鏡板底面に残留していた液的状Na（約100g）でこれはほぼ純粋なNaであった。

搔き出し時には、殆どのNaが炭酸安定化しているか、または純粋なNaであったことから発火は全く無かった。

②上部、下部外胴スチーム洗浄、水洗浄……………写真4.5-4～7

切断した上部及び下部外胴を洗浄装置各1台を使用し同時に洗浄を行った後、水洗浄を行い終了した。洗浄による、Na / 水反応は殆ど無く、多少の火花が発生する程度であった。なお、外胴スチーム洗浄においては、Na処理量は測定されなかった。

4.6 外胴部の解体・廃棄

(1)外胴切断、廃棄；12/8～10……………写真4.6-1

プラズマにより、3.5m以下のサイズ（廃材運搬車両の制限から）でスクラップするように切断した。

外胴の切断は、下記図4.5.1に示す位置で切断しスクラップ置き場へ搬送した。引き続き解体・洗浄用架台分解、IHX引き込み用レール撤去を行い全作業を終了した。

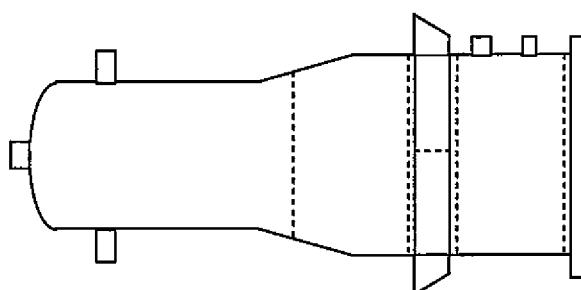


図4.5.1 外胴部の切断位置
(破線部=切断位置)

4.7 作業工程実績

表4.7に撤去・解体・洗浄実績工程表を示す。

IHXの解体洗浄に要した日数は計画36日に対し、実績35日となりほぼ計画通りに

進められた。

部分的には伝熱管・管束解体作業において計画より日数を要したが、この原因は、切斷機器の故障等によるものであり、実際には計画通りか若しくは約1週間程度工期を短縮することも十分に可能であった。

表4.7 中間熱交換器の撤去・解体・洗浄実績工程表

	1997																																	1998												
	10					11					12																																			
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2			
1.IHX撤去・解体準備																																														
(1)資材・道具搬入																																														
(2)仮設足場組立、架台撤去																																														
(3)リップシール部切断、ドア取付																																														
(4)油圧ジャッキ用ジグ取付																																														
(5)引き込み用レール・ワインチ設置																																														
2.管束撤去・輸送																																														
(1)管束の油圧ジャッキによる引抜き確認																																														
(2)管束引抜き用ピーパー取付																																														
(3)管束の引抜き・横倒し																																														
(4)ナリム処理室への運搬・引き込み																																														
3.管束解体洗浄																																														
(1)内胴外表面全体の洗浄																																														
(2)管束内部の洗浄																																														
(a)管束下部内部(熱遮蔽板部)の洗浄																																														
・洗浄用開口部の穴明け																																														
・熱遮蔽板部の洗浄																																														
(b)管束上部内部(ガーベル部)の洗浄																																														
・凝縮水用ドレン口穴明け																																														
・ガーベルの洗浄																																														
(c)管束中部内部(伝熱管表面)の洗浄																																														
・洗浄用開口部の穴明け																																														
・伝熱管表面の洗浄																																														
(d)管束下部、中部、上部の水洗浄																																														
(3)管束下部鏡部及び上部鏡部の切断及び洗浄																																														
・管束上部鏡部の切断及び洗浄																																														
・管束下部鏡部の切断及び洗浄																																														
(4)伝熱管内部及び下降管内表面の洗浄																																														
(5)管束解体・水洗浄																																														
4.外胴解体・洗浄																																														
(1)外胴撤去準備																																														
(2)外胴輸送・ナリム処理室運搬																																														
(3)外胴切断及び胴下部とビストンリング部の洗浄																																														
(4)胴上部ガーベル部及び胴中部の洗浄																																														
(5)解体・水洗浄																																														

5. 得られた知見

5.1 管束部引き抜き時の荷重

作業時に油圧ジャッキの負荷圧力から求めた引き抜き荷重は、総荷重で約43ton、その内、管束重量はロードセルでの測定から約24tonであり、ナトリウムの剪断荷重は約19tonであった。

ここで、解体後の付着状況観察結果から剪断力を受ける面積については、当初想定した高さ160mmに対して120mmであり、当初想定の75%であった。したがって、実際の引き抜き時のナトリウムの剪断に必要な力は当初想定の $28\text{ton} \times 0.75$ (75%) の力となり、21tonとなり比較的良く一致する。

なお、今回の引き抜きでは、ナトリウムの剪断力を小さくするため、ナトリウム固着部を外部からヒータにて、IHX外表面で70°Cに昇温して行っている。内面まで昇温が完全に行われていれば、当初室温(約20°C)で想定していたナトリウムの剪断力、約3.0kg/cm²に対して、70°Cにおけるナトリウムの剪断力は約1.6kg/cm²(約53%)となるが、実際の引き抜き力21tonから逆算すれば、剪断力は約2.7kg/cm²となり内部は約30°C程度であったと推測される。

以上の結果から、ナトリウム機器の解体時にナトリウムの固着部分を引き抜く際のナトリウム剪断力は若干の余裕を考慮し約3.0kg/cm²程度と見積もることを推薦する。

また、実際の引き抜き時には、固着部分を70°C程度まで加温することが望ましい。

5.2 引き抜き及び運搬時に得られた知見

管束部を外胴から引く抜く時、ナトリウム固着部を切り離すのに油圧ジャッキ4台を用いて引き抜く方法を採用して行ったが、作業は非常にスムースに行われ油圧ジャッキによる引き抜き方法はナトリウムが固着し、大きな引き抜き荷重が想定される作業には適した方法であることが判った。

また、管束部を引き抜く作業では不活性ガスで空気と置換したビニールキャスク(円筒のビニールパック)内にIHXを収納し、そのままトレーラに積み込みナトリウム処理室まで運ぶ方法を行った。この方法で行うものとしては大洗を含め国内で最も大型の機器での作業であったが、特に問題なく作業は行われた。このビニールキャスクでの作業方法で最も注意しなければならない点は、ビニールキャスク内に空気が混入し付着ナトリウムが発火しビニールキャスクを燃焼させてしまう事故であるが、今回の作業ではビニールキャスクの頂部と下部の酸素濃度を測定しながら慎重に引き抜いたため、著しく酸素濃度が上昇することなく作業を進めることができた。また、今回の作業前には炭酸ガスを入れ、できるだけ付着ナトリウムを安定した炭酸ナトリウムにする処置をしていたため、一時的には酸素濃度で10%を超える時があったが、発火などの現象は発生しなかったものと思われる。今回の作業のようにビニールキャスクで収納する作業方法で行う場合、最も注意しなければならないのは、いかに酸素濃度を上昇させないようにするかであるが、ビニールキャスクと機器との接続部分を

完全に密封状態にすることは不可能であり、ある程度の酸素濃度の上昇は避けられない。したがって、今回の作業のように炭酸ガスによる付着ナトリウムの安定化処理は万一のナトリウム発火を防止する上で非常に有効な手段であると思われる。

5.3 ナトリウム洗浄時に得られた知見

今回の中間熱交換器のように約40ton以上もある大型機器のナトリウム洗浄を、大気中でスチーム洗浄を行うことは大洗を含め国内で初めての方法である。洗浄中、最も懸念したことは、ナトリウムとスチームが凝縮してできた水との反応であるが、特に問題無く作業を進めることができた。しかし、下部管板の上面部の洗浄作業において、一時的にナトリウムと水が反応した。この作業ではスチーム洗浄用ノズル（管束内部洗浄用治具のことを指す）をノズルを差し込むために開けた孔から差し込み、スチームを送り込んで洗浄する方法を探っていたが、スチーム量が多かったため凝縮水が直接付着ナトリウムと反応してしまったためと推定できる。スチーム洗浄ノズルを孔に差し込んで作業を行ったのは、危険を避けるため作業員ができるだけ近づかないようする措置であったが、この措置のためスチームの状態が目視できず、注入スチーム量のコントロールを困難にする問題を生じた。この洗浄は通常行うスチーム洗浄のように少量ずつスチームを孔に入れて行う方法に変えて作業を進め完了した。

ナトリウムの付着量、状態が完全に目視で確認できないような場所をスチームで洗浄する場合、スチーム量をできるだけ少量としナトリウムとの反応状態を慎重に確認しながら作業を進めることが重要である。また、スチームによる洗浄ではスチームを入れてから反応が始まるのに時間遅れがあるのでむやみに状況観察のために近づくことは非常に危険であるので注意が必要である。

5.4 ナトリウム付着量

表5.4.1にナトリウム付着量の推定値と実績値を比較した表を示す。

スチーム洗浄及び燃焼処理後の廃液重量と中和滴定から求めたナトリウム処理総量は約60kgであった。これに対して、解体・洗浄前に推定したナトリウム付着量は約102kgであり、実際に付着してナトリウム量は推定量の約半分強であった。

この差は主として伝熱管内・外表面の付着量の差に起因している。伝熱管内面洗浄前の測定結果から単位面積当たりのナトリウム付着量は $0.23\text{mg}/\text{cm}^2$ であった。この実績値から伝熱管内・外表面の実績付着量は2.4kg（カバーガス部の伝熱管は除く）と推定でき、計画時の推定ナトリウム付着量の約51kg（単位面積当たりの付着量= $5.0\text{mg}/\text{cm}^2$ ）に対して48.6kg多く見積もったことになる。計画時に推定した際の単位面積当たりの付着量は50MWSGの配管及び機器等を洗浄した時の実績値を用いているが、この値はドレンされずに残ったナトリウムも含まれた値でありかなり大きい値となっていたものと推定される。特に今回の中間熱交換器の伝熱管のように、直管で且つ垂直の場合には、ドレン性も良く付着量はかなり少なくなったものと思われる。

一方、推定値を上回った部分としてカバーガスが挙げられる。表5.4.1のNo.5の実績値から（No.1の掻き出しNaは除く）単位面積当たりの付着量は $13.7\text{mg}/\text{cm}^2$ と推定で

きる。計画時の推定ナトリウム付着量の約7kg（単位面積当たりの付着量=2.8mg/cm²）に対して約27kg程度少なく見積もったことになる。カバーガス部に多量のナトリウムが付着していた主たる原因は、50MW2号SGと比較し IHXの運転が長期に亘っていることや、改造工事により1次系側のナトリウムの純度が低下したため、カバーガス層にナトリウム及び酸化ナトリウムが付着し易い環境となったことによるものと思われる。

伝熱管以外に推定値と大きく異なった部位は、ピストンリングドレン溜まり部の推定量12.0kgに対して実際には溜まり部に全く無かったと言うことと、2次側ナトリウムの下部プレナム部のドレン時のサイフォン切れで残ると推定した16.0kgに対する3kgであった点である。

表5.4.1 ナトリウム付着量の推定値と実績値の比較

No.	各部名称	推定値 (kg)	実績値 (kg)	備考
1	内胴外表面(搔き出しNa)	1.4	4.3 (8.4)	多くはカバーガス層の炭酸Naであり、それをNaに換算し求めた。 0内の数値が炭酸Naの重量。
2	内胴外表面		2.0	約7.2mg/cm ² (カバーガスを含めて計算しているため若干高い数値となっている)
3	熱遮蔽板部洗浄	32.79	3.04	
4	管束中間部		2.046	
5	カバーガス部洗浄	7.03	34.225	
6	外胴内表面(搔き出しNa)	2.36	5.0 (9.7)	多くは外胴底部、カバーガス層の炭酸Naであり、それをNaに換算し求めた。 0内の数値が炭酸Naの重量。
7	ドレン溜まり (下部プレナム内)	16.0	3.0	
8	伝熱管内面、下降管内表面	29.94	1.3	
総ナトリウム量		約90	約60	全体平均で約3.6mg/cm ² (ドレン溜まりNaは除く)

注1) ピストンリングドレン溜まり部、上部プレナム、下部プレナム、外胴はこの表から除いている (Na処理量を測定していない) ため、推定総ナトリウム量は102→90kgに減少している。

注2) 外胴表面においては、スチーム処理量を測定していない。

注3) 本表の推定値は表3.1.2-2、3の推定値から積算して求めた。

注4) 外胴のスチーム処理量が測定されていないこと、測定したものでも廃液が完全には回収できていないものなどもあることから、実際の処理量は60kgより多かったと推定できる。

6. 結 言

- (1)ナトリウム機器の解体時にナトリウムの固着部分を引き抜く際のナトリウム剪断力は約3.0kg/cm²と見積もることを推薦する。
- (2)炭酸ガスによる付着ナトリウムの安定化処理は、今回のように輸送や大気中で洗浄する場合は、万一のナトリウム発火を防止する上で非常に有効な手段であると思われる。
- (3)ナトリウムの付着量、状態が完全に目視で確認できないような場所をスチームで洗浄する場合、スチーム量をできるだけ少量としナトリウムとの反応状態を慎重に確認しながら作業を進めることが重要である。また、スチームによる洗浄ではスチームを入れてから反応が始まるのに時間遅れがあるので状況観察のためむやみに近づくことは非常に危険であるので注意が必要である。
- (4)IHX洗浄によって測定された、ナトリウム処理量は約60kgであった。
- (5)直管型伝熱管の単位面積当たりの付着量は約0.23mg/cm²、カバーガス部の単位面積当たりの付着量は約13.7mg/cm²であった。
- (6)管束内胴を回転させながら洗浄・解体作業を実施することで、作業の安全性及び効率の向上に非常に有効であった。
- (7)伝熱管内面洗浄用治具を使用することで、2044本（約800本/日）の伝熱管を効率よく洗浄することが可能であった。

7. 謝辞

本洗浄作業の計画・実施及び評価において原子炉工学室の関係者及び常陽産業（株）石川興暢殿他業務協力員の方々に多大なる御協力と御助言を頂いたことに厚く御礼申し上げます。

8. 参考文献

8.1 本文引用文献

- (1) 山本 晋平他 2重管型蒸気発生器のアルコール洗浄
PNC ZN9450 96-049 1996年10月
- (2) 三菱重工 SGメンテナンス技術の実証試験（1） 総合報告書（受託研究）
PNC ZJ222 80-18(1) 1980年11月
- (3) 小貫 修他 「常陽」炉容器モックアップ試験装置 解体撤去報告書
PNC SN941 84-105(1) 1984年7月

8.2 付録-1引用文献

- (1) 三菱重工 蒸着ナトリウム回転抗力試験研究
SJ222 75-03 1975年9月
- (2) 三菱重工 蒸着ナトリウム回転抗力試験研究（III）
SJ222 77-07 1977年6月

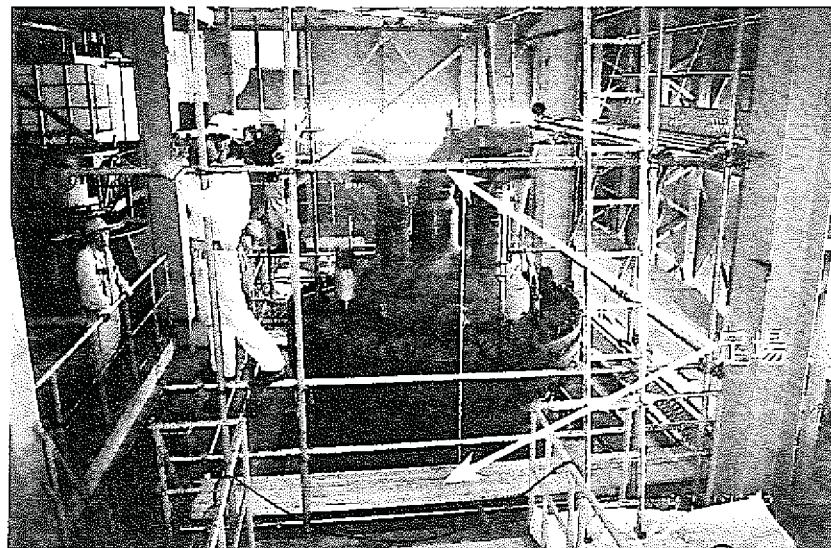


写真4.1.1-1 管束引き抜き用の足場組立

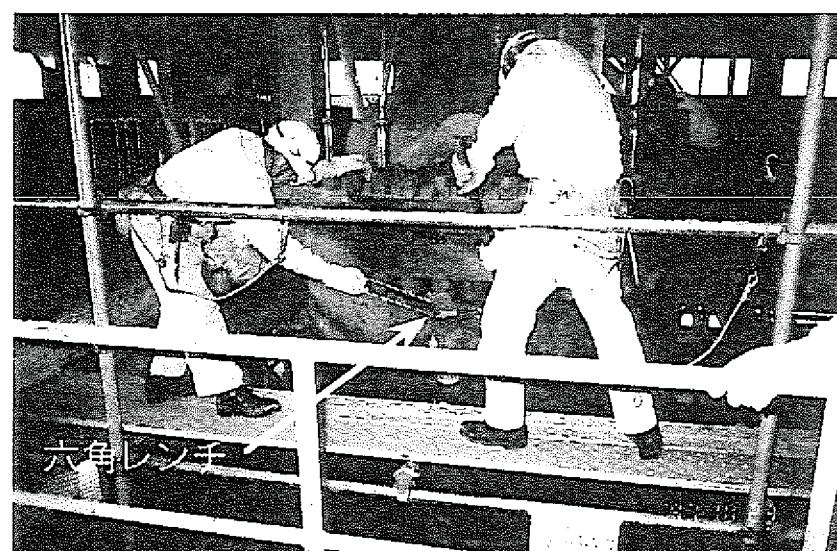


写真4.1.1-2 フランジボルトの取り外し

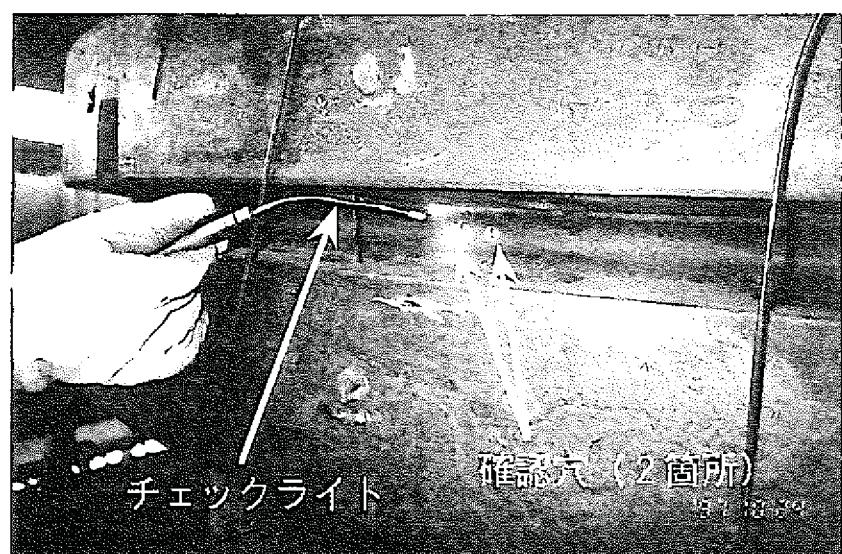


写真4.1.1-3 フランジ部シールプレート内のNa付着の調査

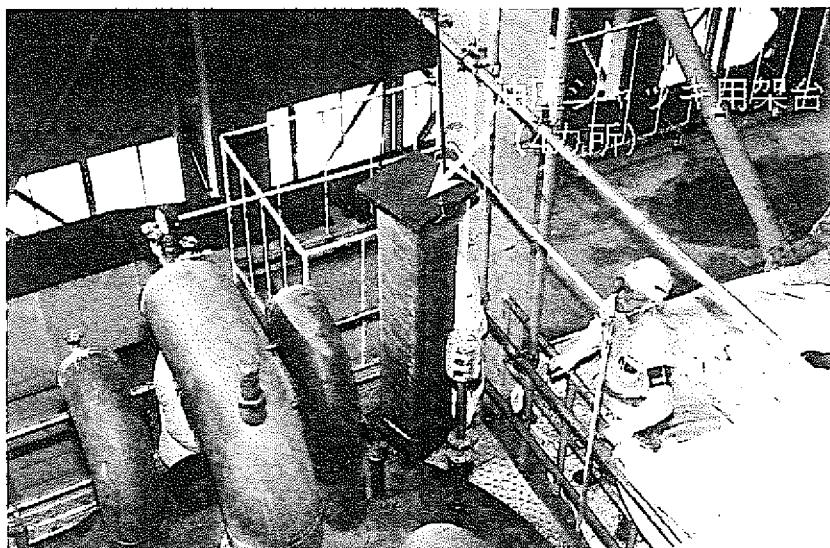


写真4.1.1-4 油圧ジャッキ用架台取付

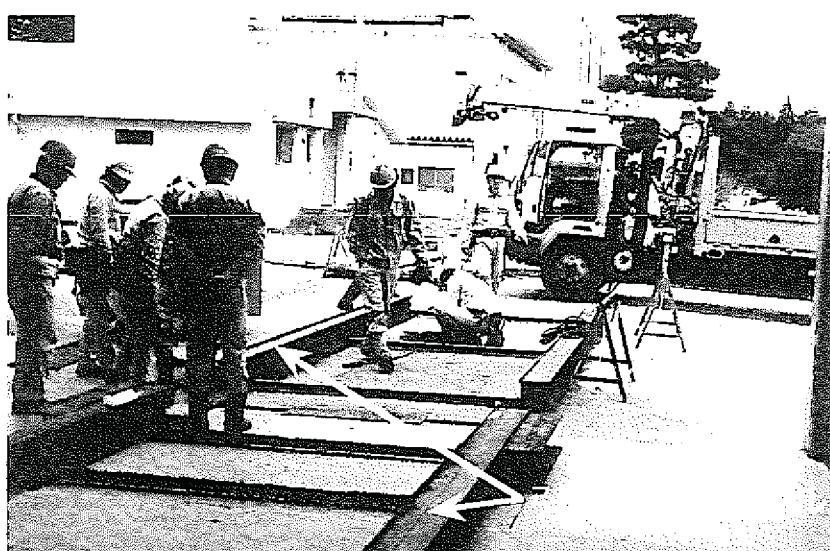


写真4.1.1-5 IHX引き込み用レールの設置

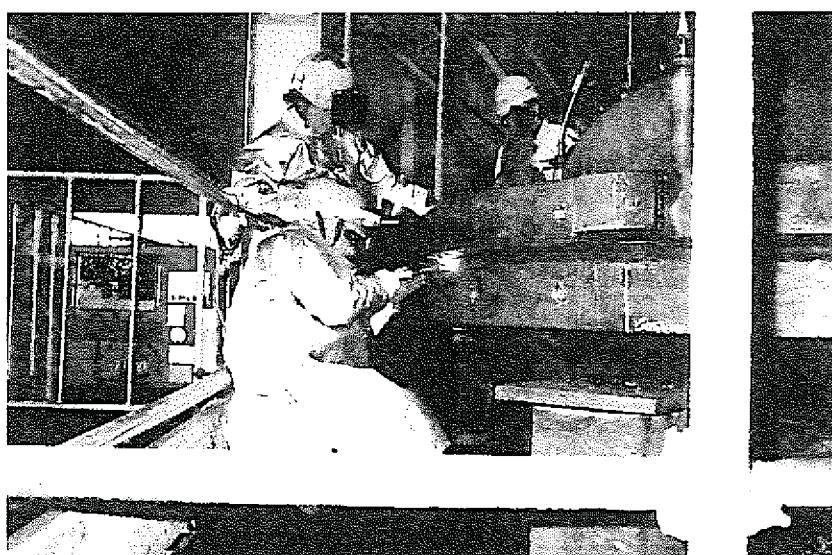


写真4.1.1-6 シールプレート部のプラズマ溶断

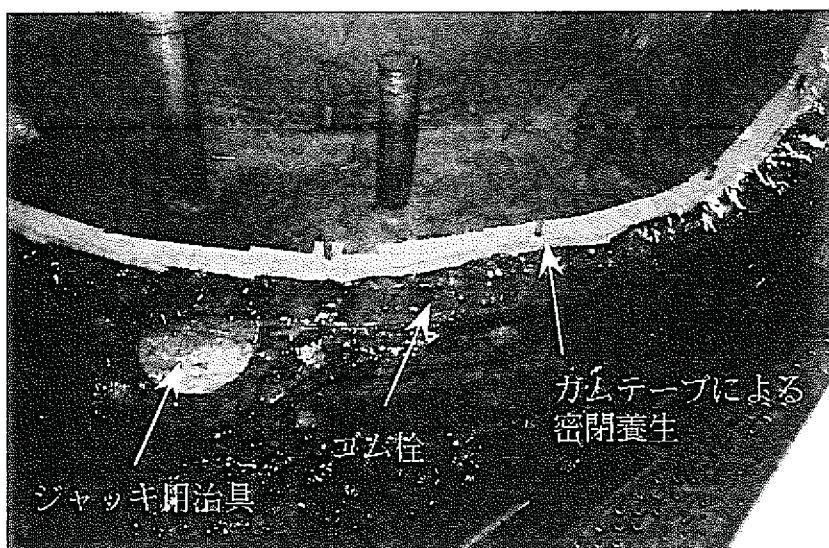


写真4.1.1-7 引き抜き確認用ピニールキャスクの取付①

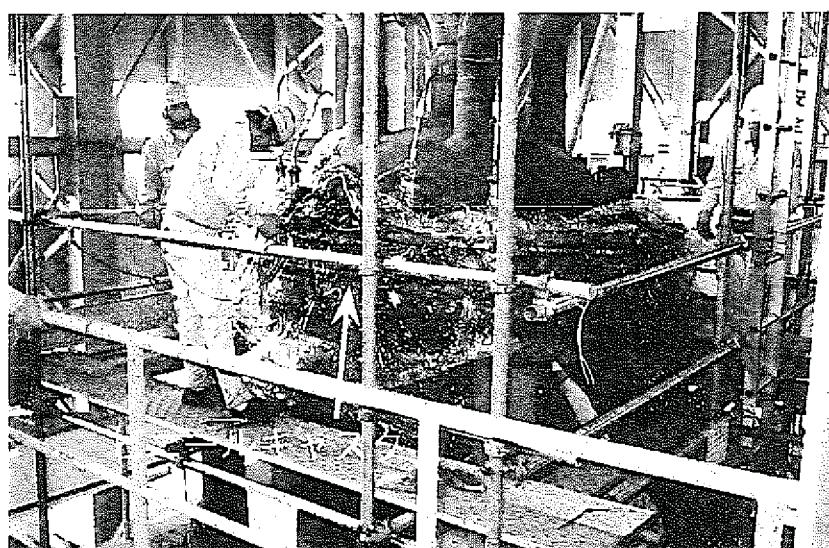


写真4.1.1-8 引き抜き確認用ピニールキャスクの取付②

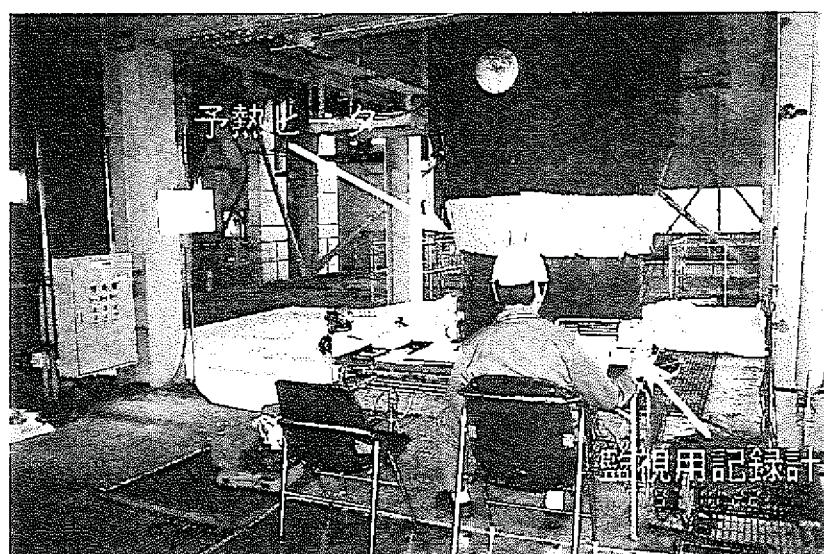


写真4.1.1-9 ピストンリング部の予熱

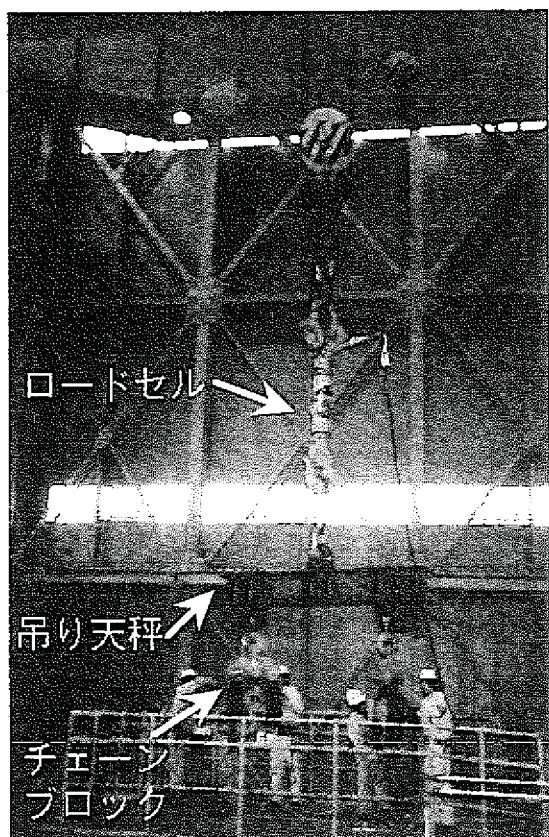


写真4.1.2-1 管束引き抜き準備

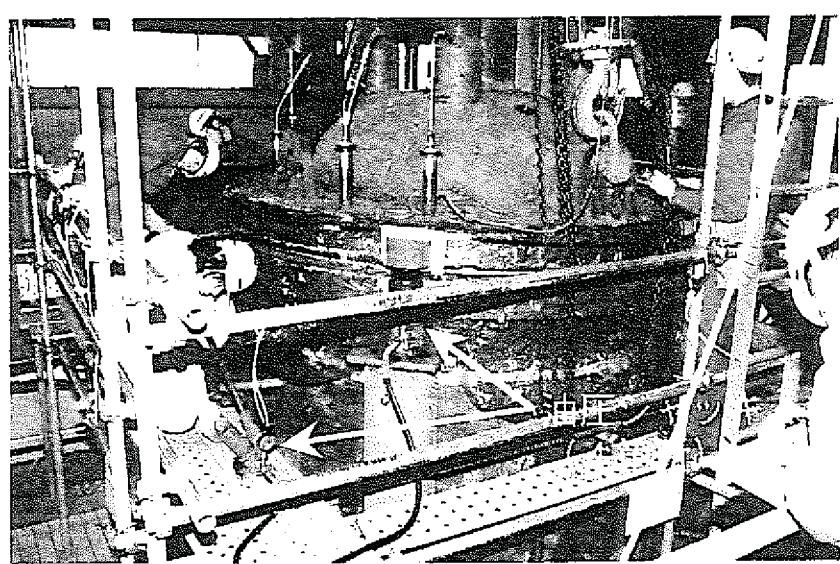


写真4.1.2-2 管束ジャッキアップ開始

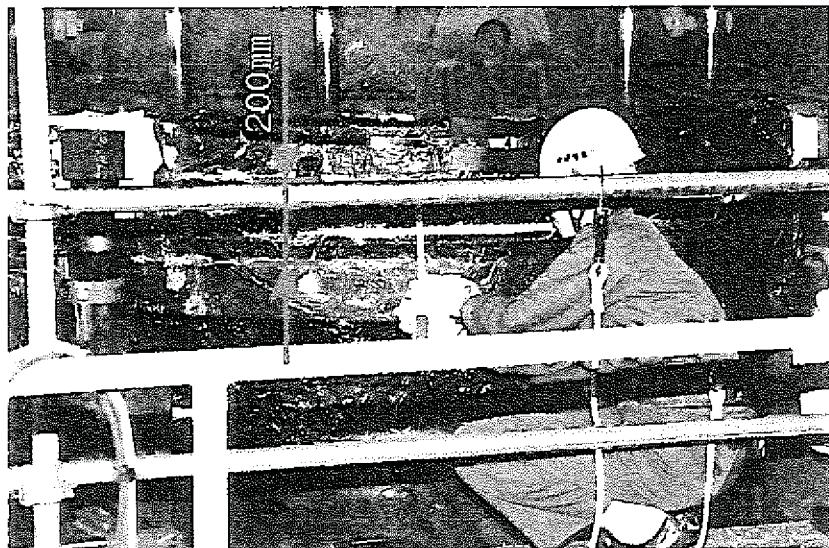


写真4.1.2-3 油圧ジャッキによる引き抜き

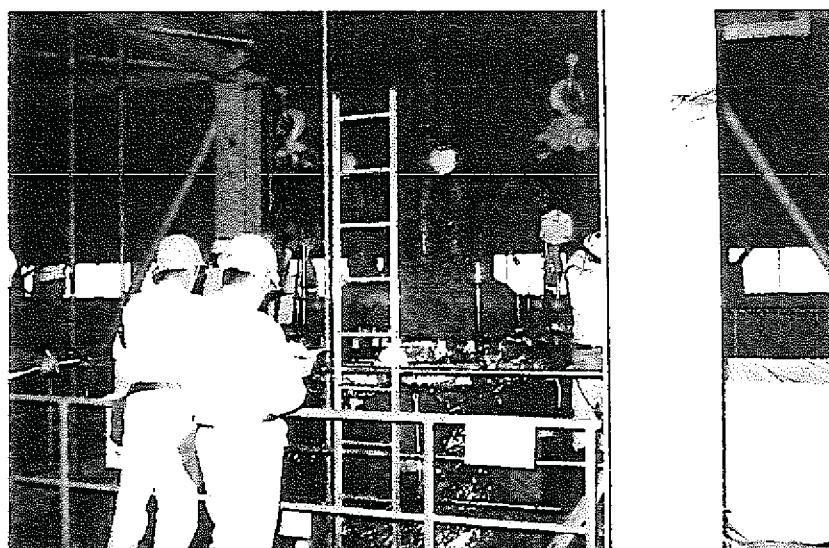


写真4.1.2-4 チェーンブロックによる管束の吊り上げ

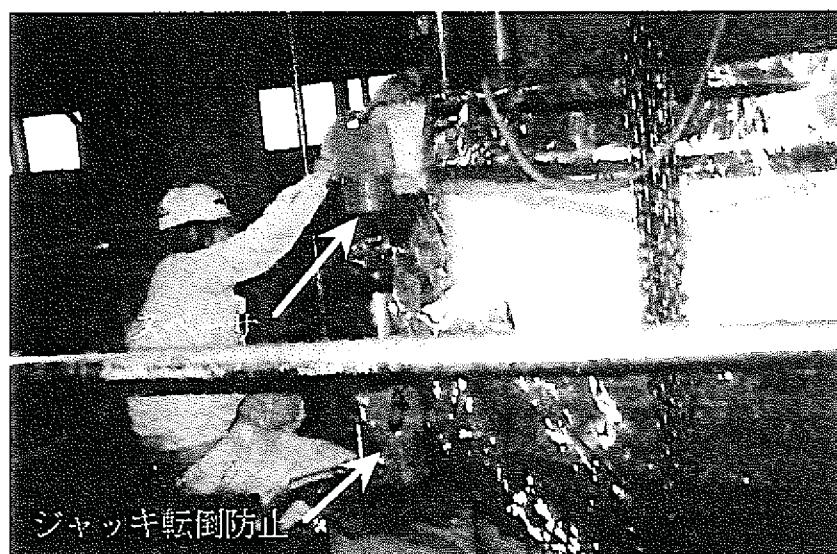


写真4.1.2-5 クレーンによる引き抜き確認



写真4.1.2-6 管束輸送用ビニールキャスクの取付

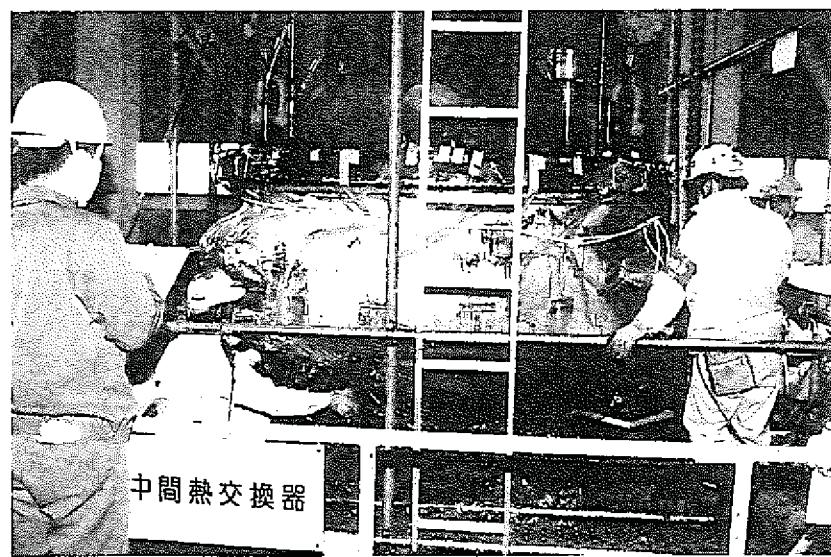
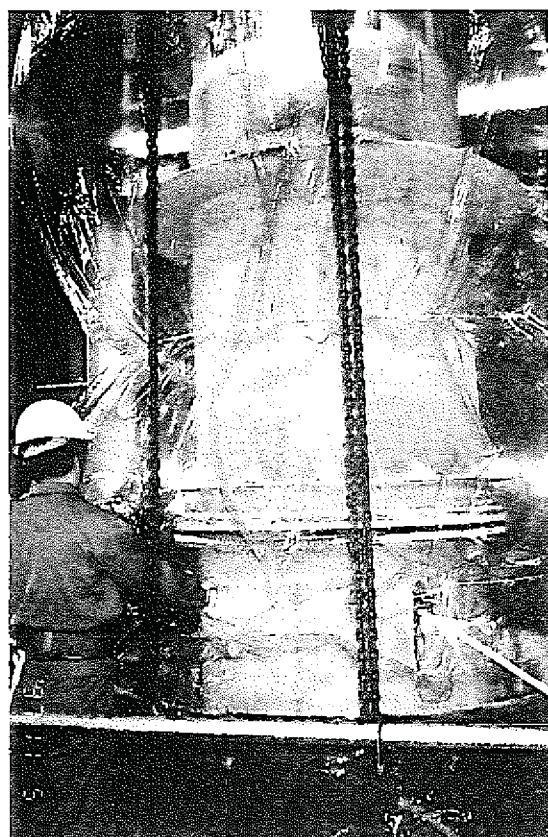


写真4.1.3-1 天井クレーンによる引き抜き



約1m毎に麻紐
による固縛

図4.1.3-2 ビニールキャスクの固縛



管束側ビニール
キャスク

外胴側ビニール
キャスク

図4.1.3-3 ビニールキャスクの分離・切断



写真4.1.3-4 管束の吊り下ろし・横倒し

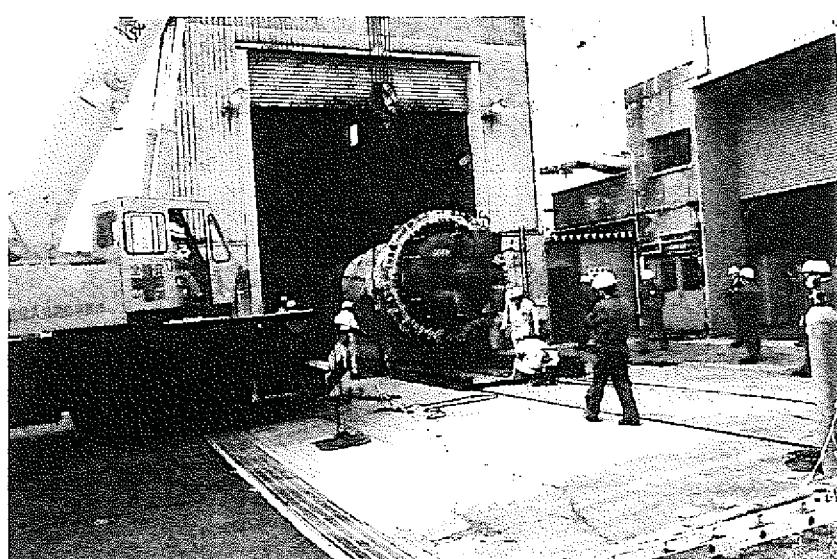


写真4.1.3-5 管束の引き込み (Na処理室)

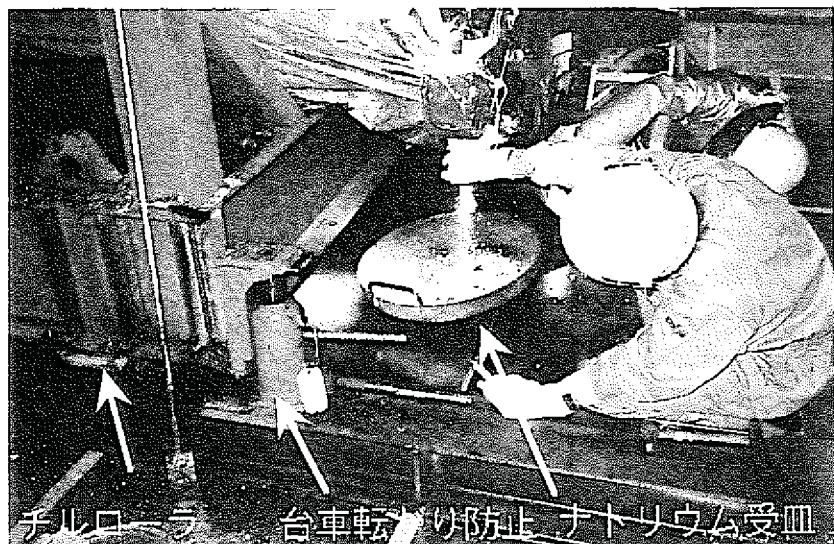


写真4.2.1-1 管東部の残留Na除去

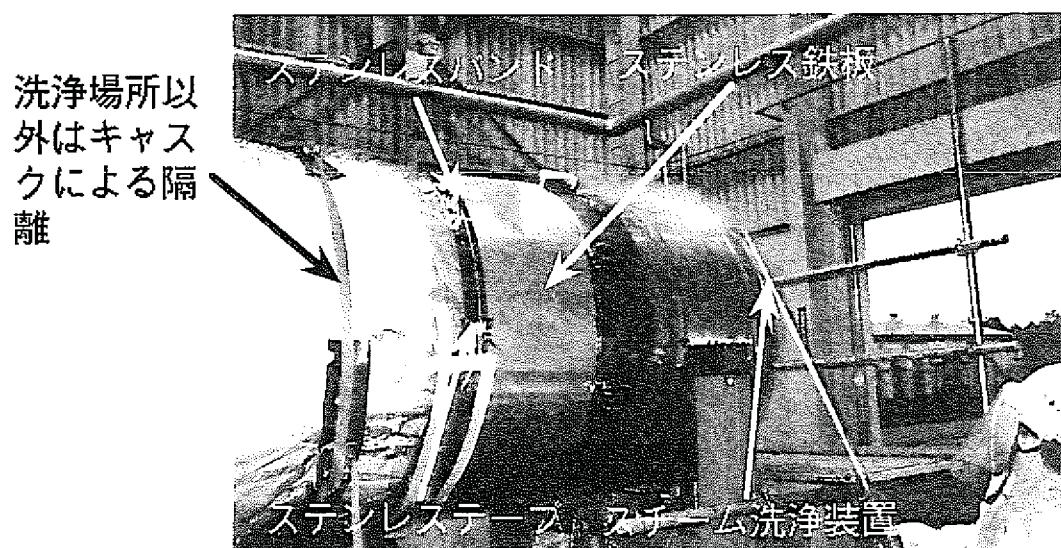


写真4.2.1-2 管東部底部の開口部閉止及び洗浄



写真4.2.1-3 搢き出しNaの燃焼処理

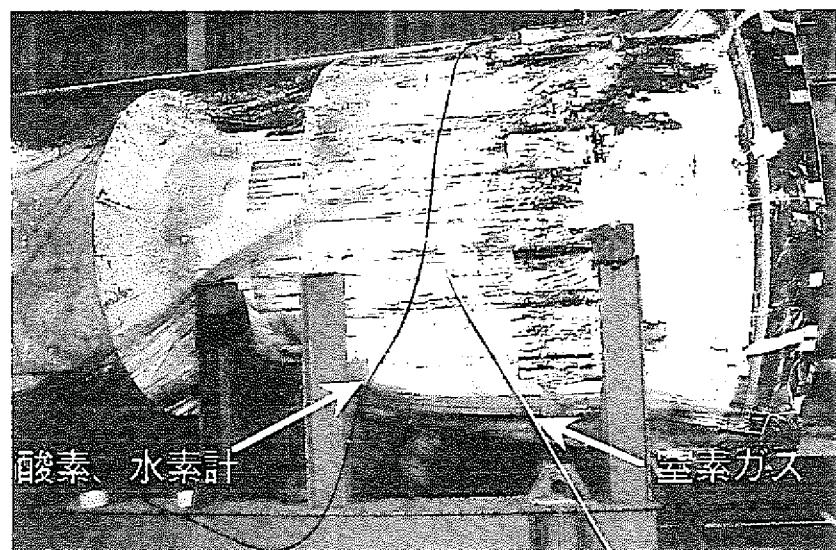


写真4.2.1-4 夜間時の保管状態

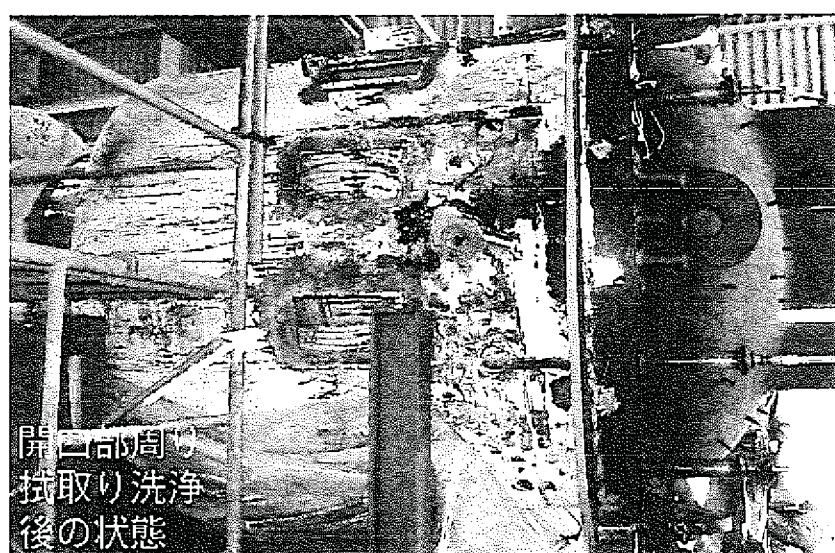


写真4.2.1-5 ピニールキャスクの取り外し
(Na搔き取り後の状態)

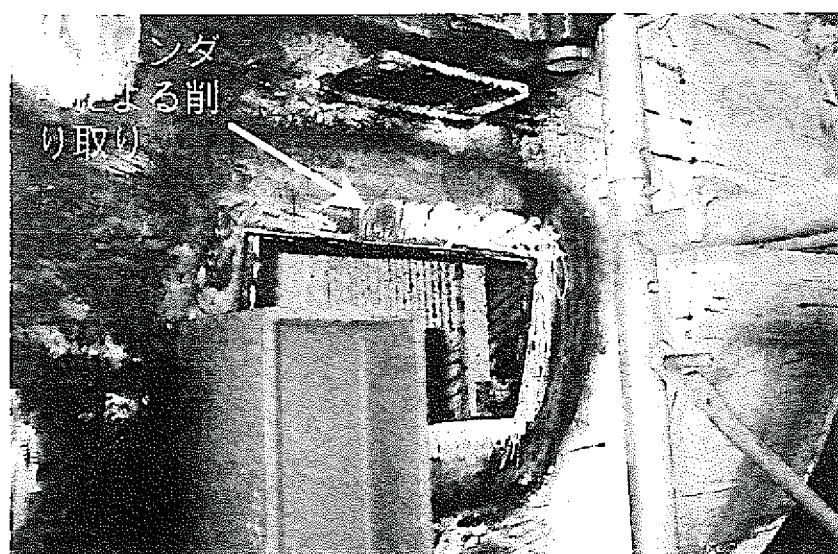


写真4.2.1-6 カバーガス部開口部閉止

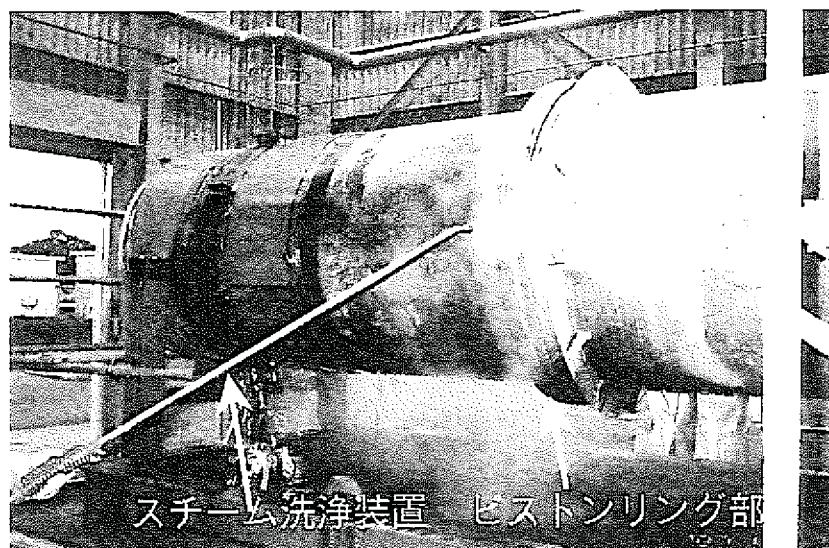


写真4.2.1-7 内胴外表面全体の洗浄

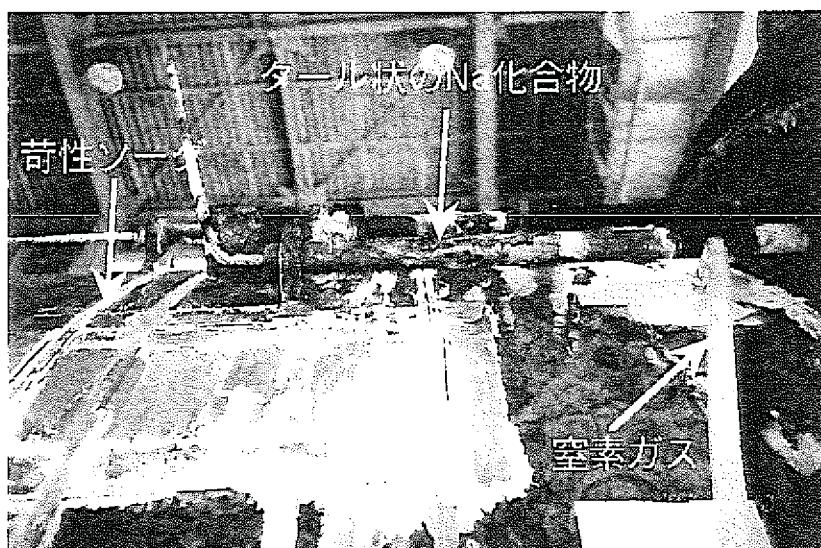


写真4.2.1-8 内胴外表面の洗浄後 (カバーガス部)

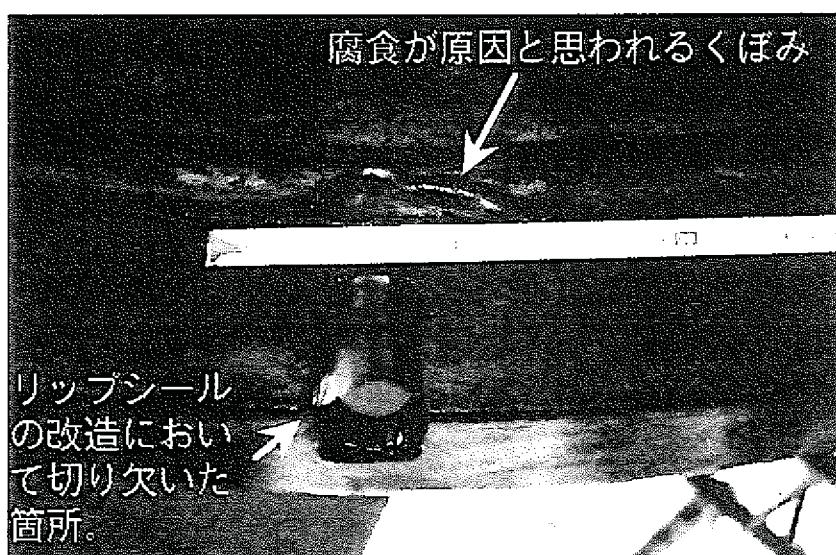


写真4.2.1-9 フランジ当たり面の腐食状況

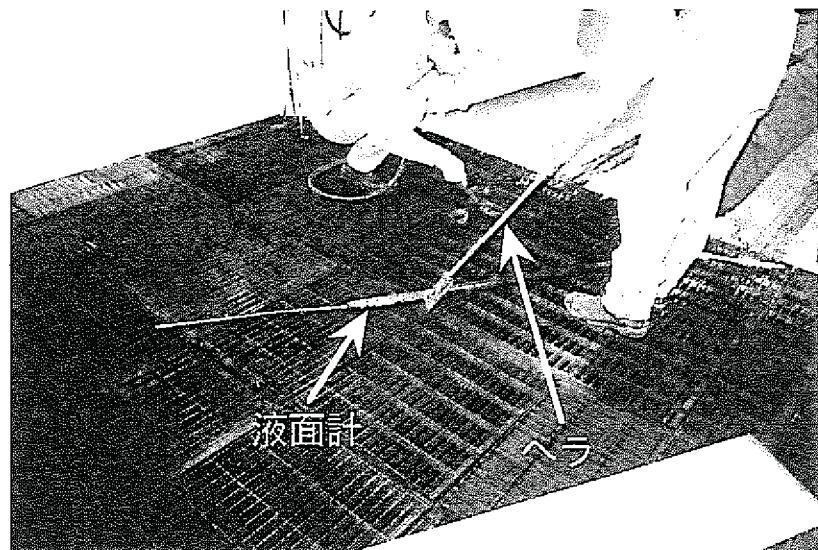


写真4.2.2-1 液面計の洗浄

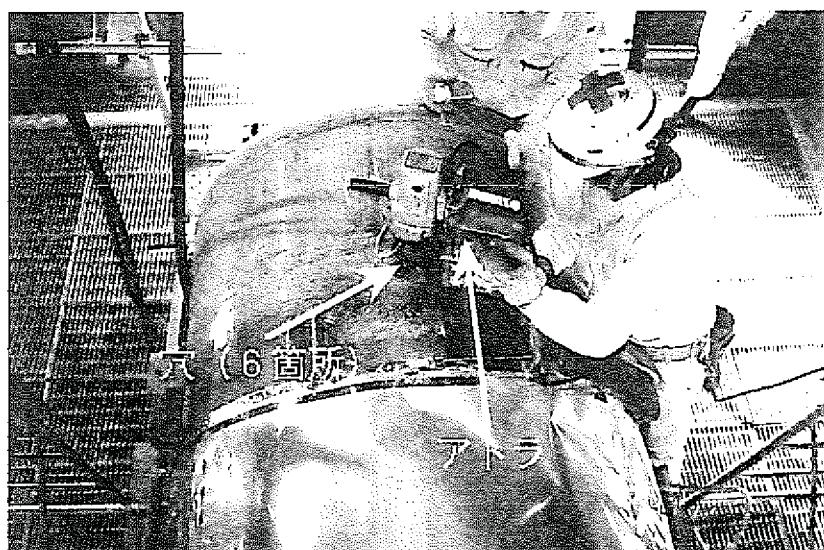


写真4.2.2-2 管束穴開け（熱遮蔽部）

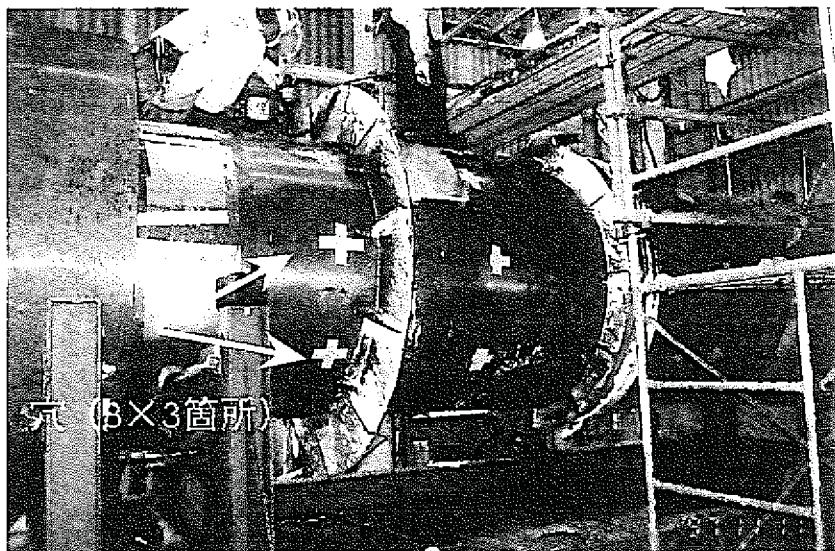
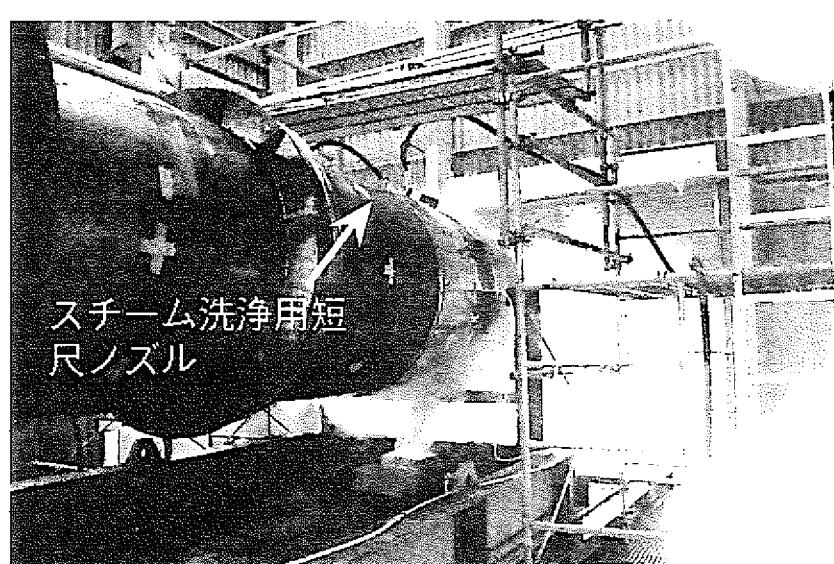
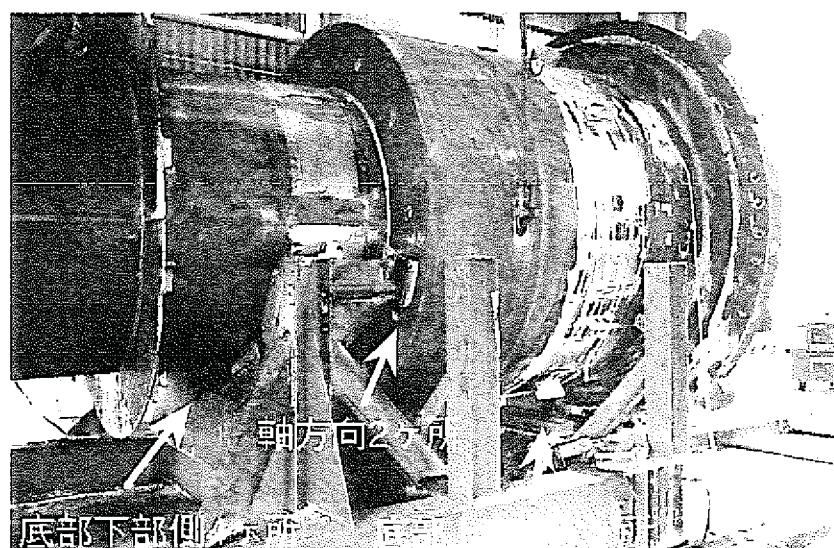
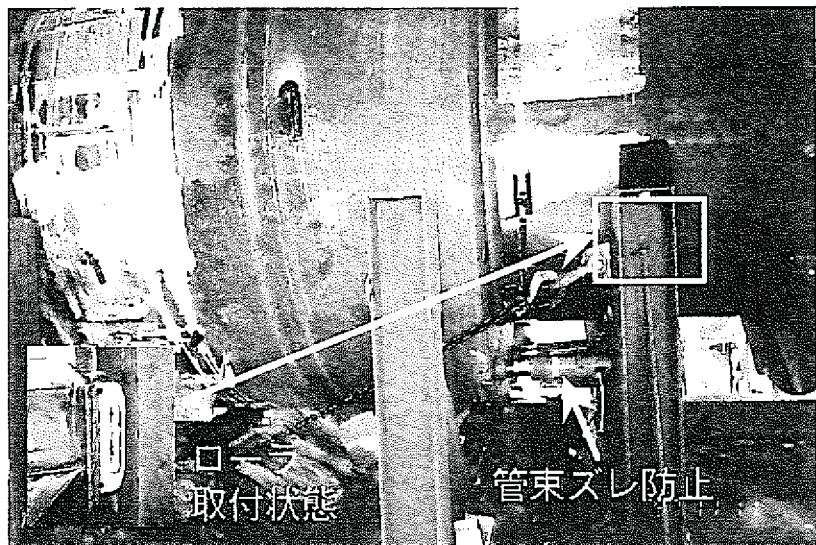


写真4.2.2-3 管束穴開け（管束中間部）



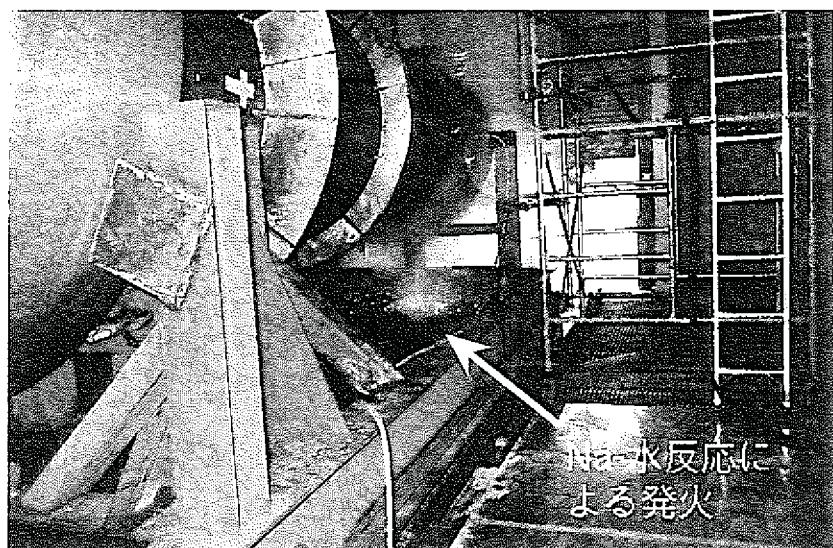


写真4.2.2-7 熱遮蔽板部のスチーム洗浄②

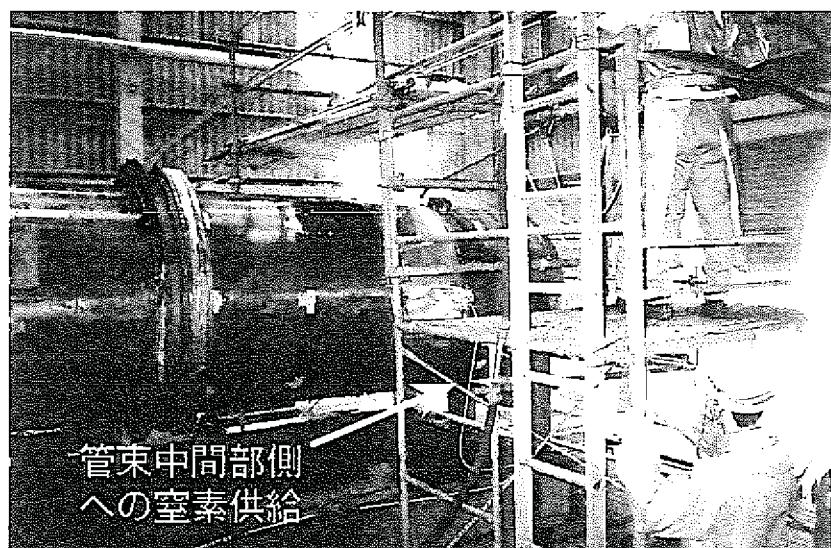


写真4.2.2-8 熱遮蔽板部のスチーム洗浄③
(長尺ノズルによる洗浄への変更)

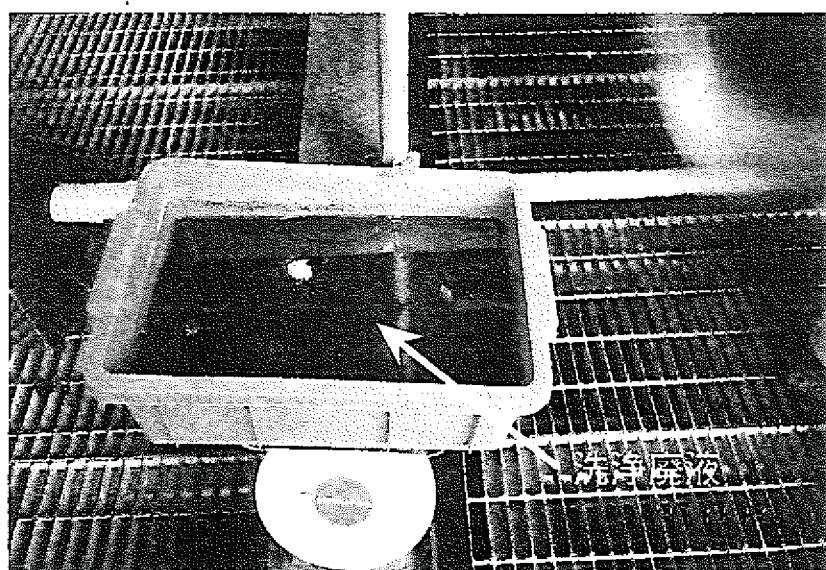
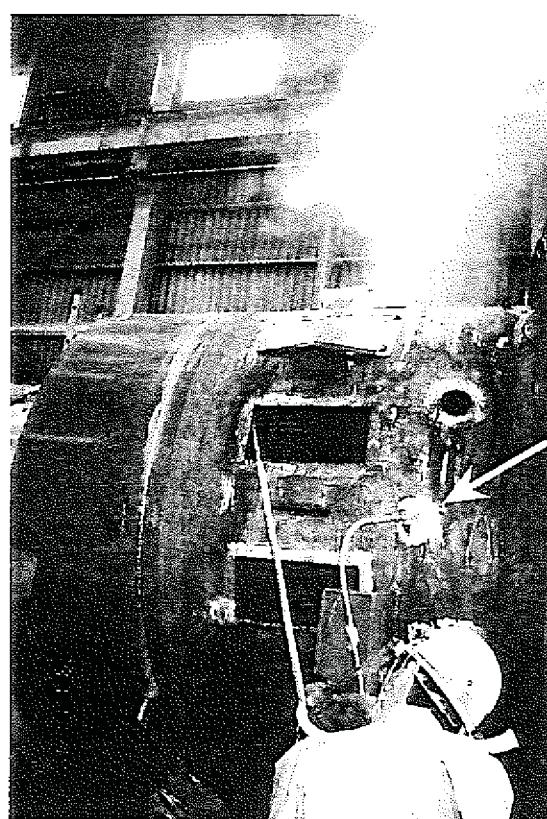
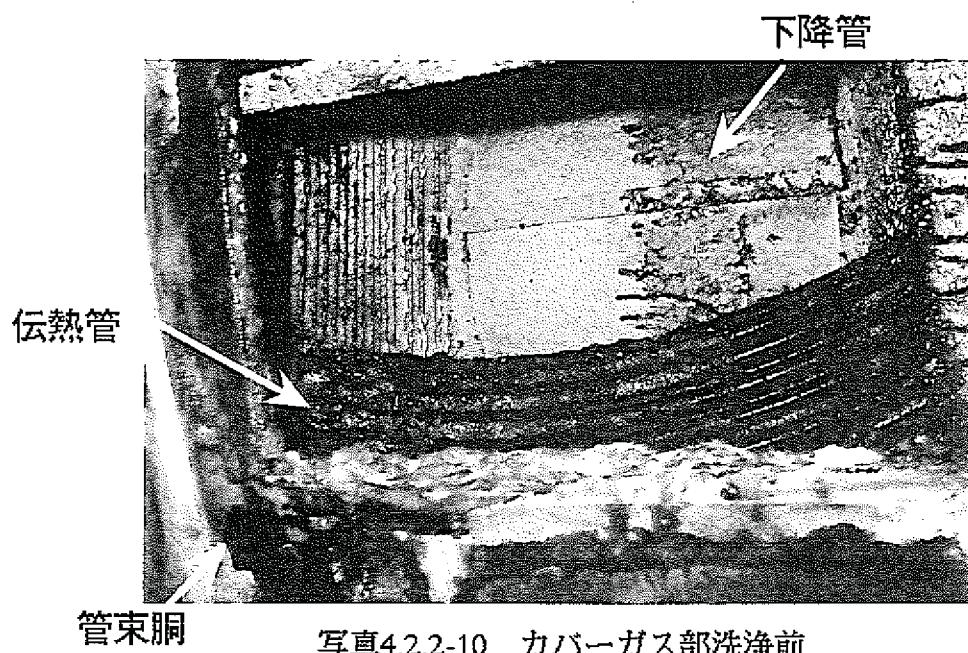


写真4.2.2-9 洗浄廃液の重量測定



炭酸Na化し固着した残留物

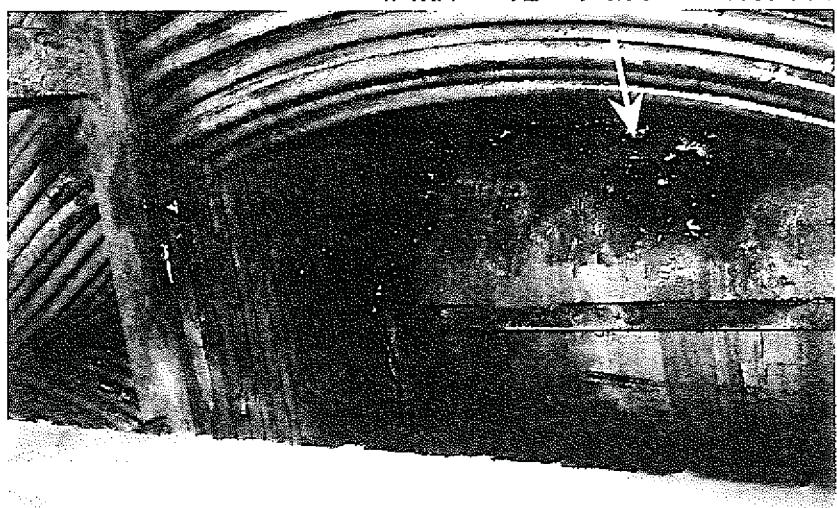


写真4.2.2-12 カバーガス部洗浄後

下降管の2重管入口未洗浄炭酸Na

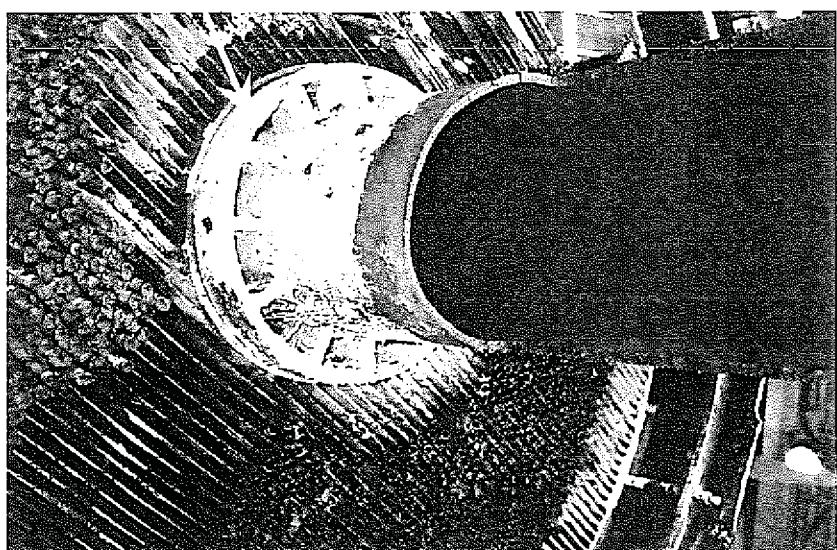


写真4.2.2-13 カバーガス部洗浄後

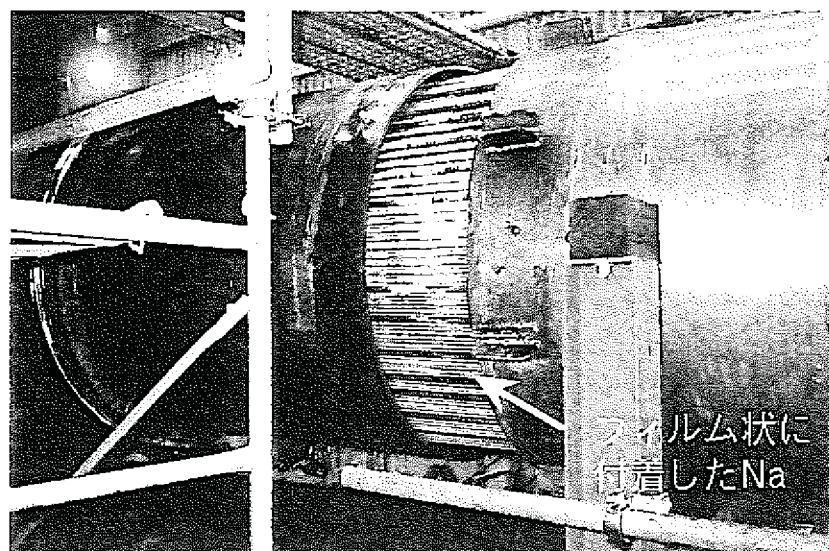


写真4.2.2-14 管束中間部の洗浄前

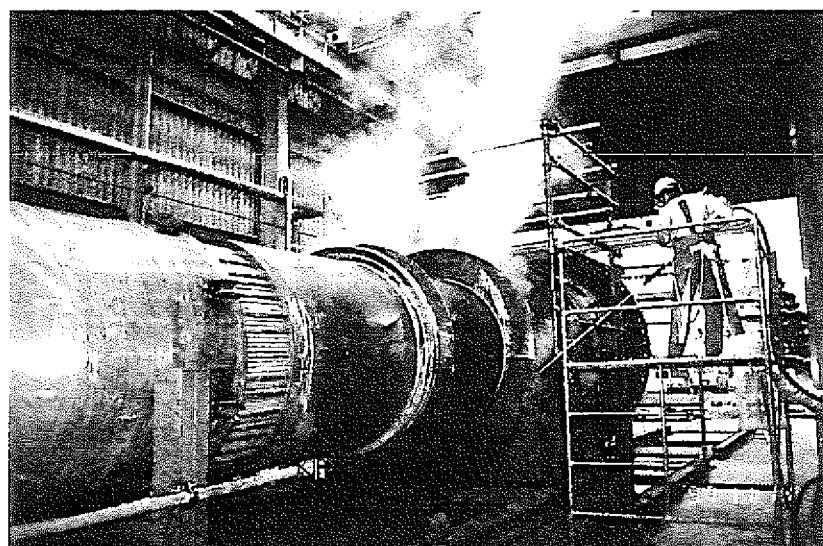


写真4.2.2-15 管束中間部のスチーム洗浄

所々にNaOH
の付着物

所々黒く見
える部分は溶断
による焼け跡

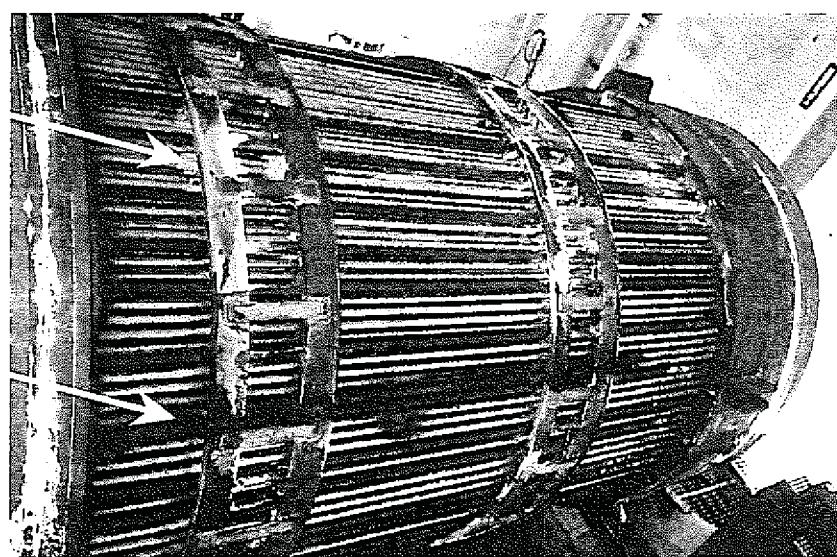


写真4.2.2-16 管束中間部の洗浄後

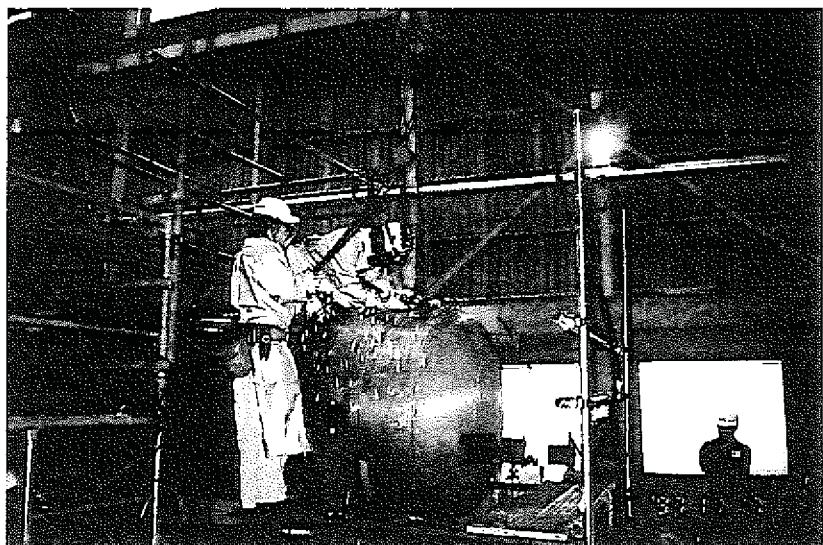


写真4.2.3-1 下部鏡部切斷

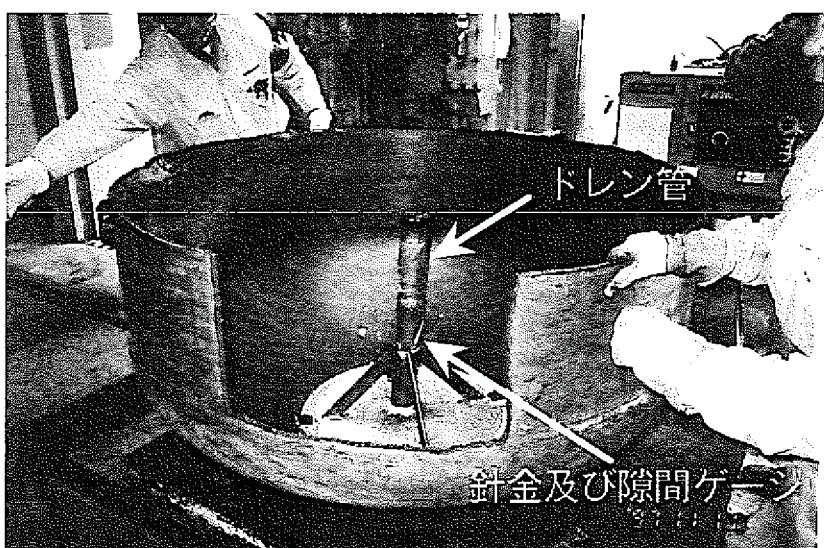


写真4.2.3-2 下部鏡板内N a調査

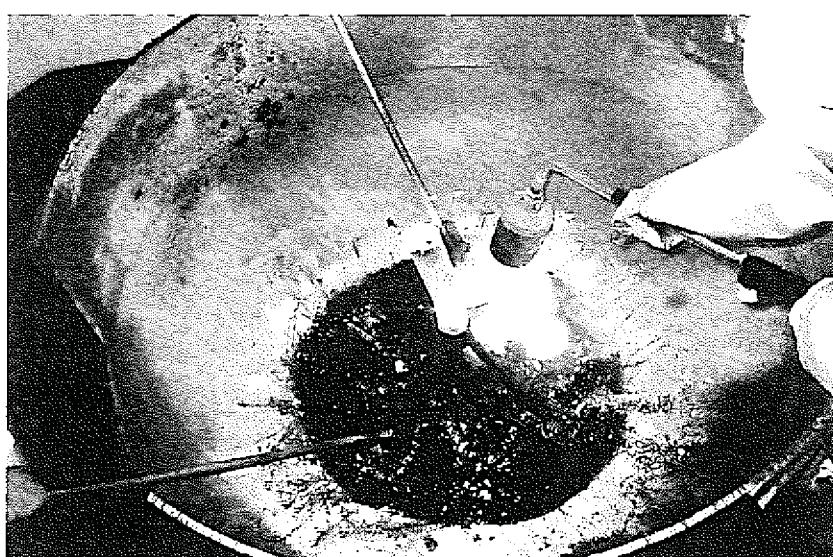


写真4.2.3-3 下部鏡板内N a燃焼処理（ダメ処理）



写真4.2.3-4 上部鏡板内のN a付着状況確認

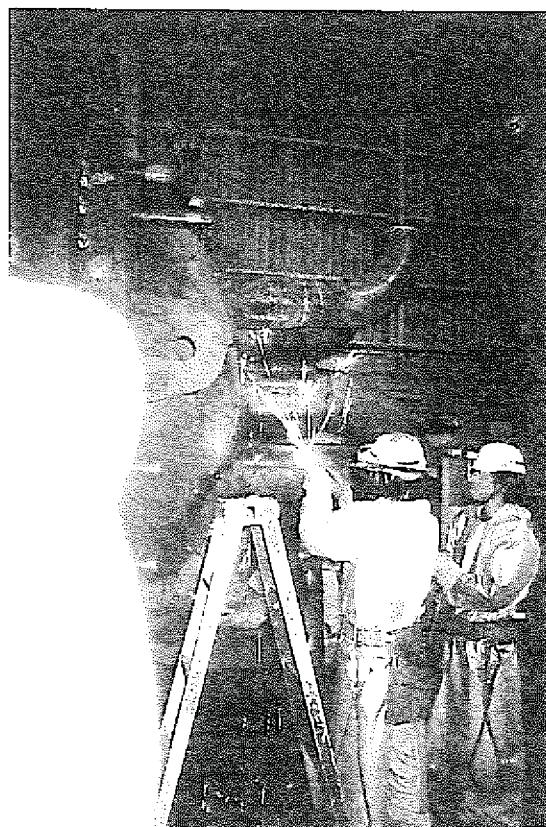


写真4.2.3-5 2次系配管切断

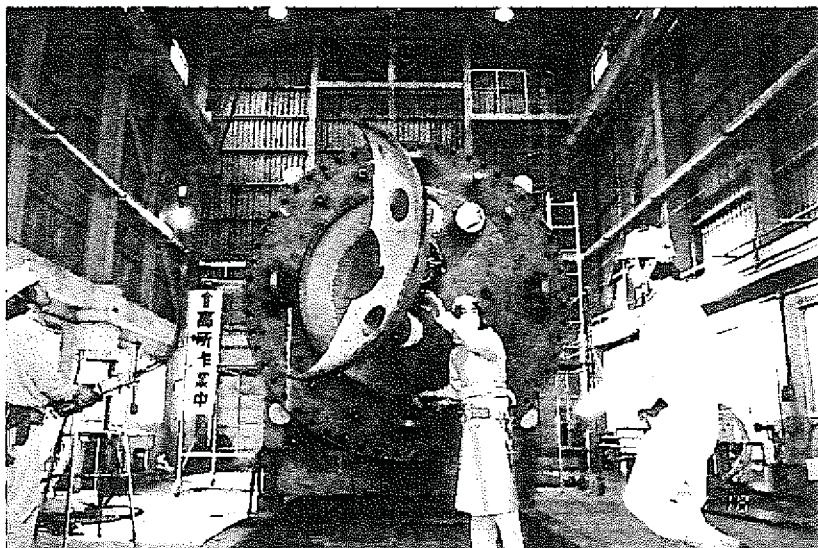


写真4.2.3-6 上部鏡板切断

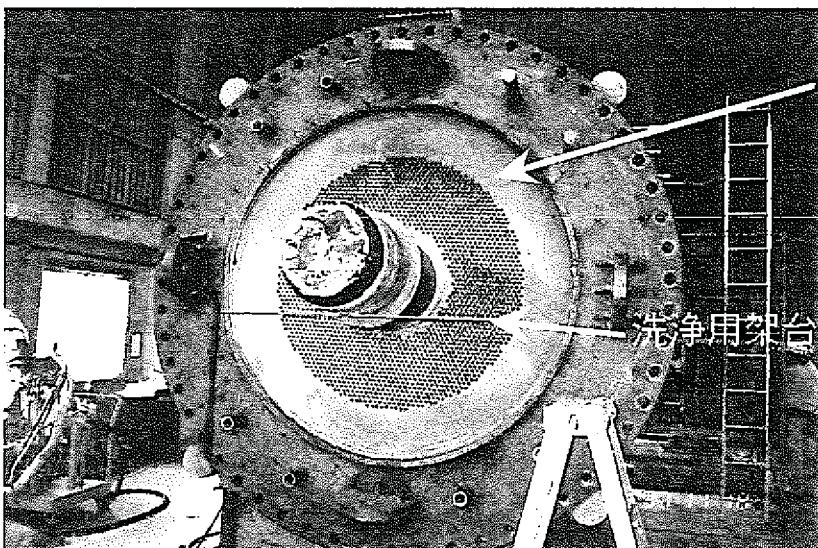


写真4.2.4-1 伝熱管内面洗浄準備

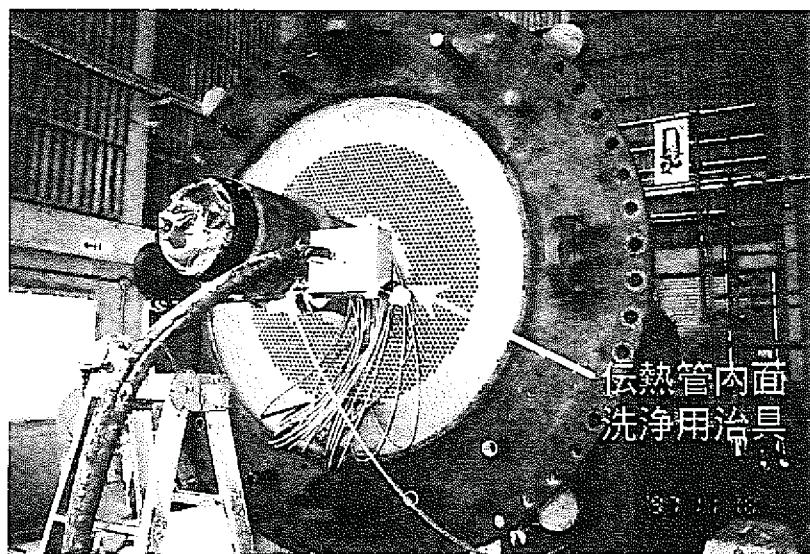


写真4.2.4-2 伝熱管内面洗浄治具セット

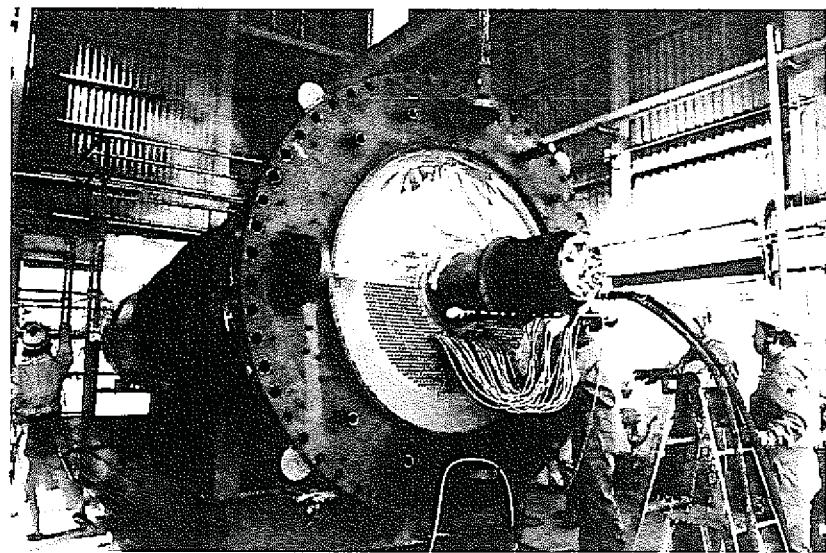


写真4.2.4-3 伝熱管内面のスチーム洗浄

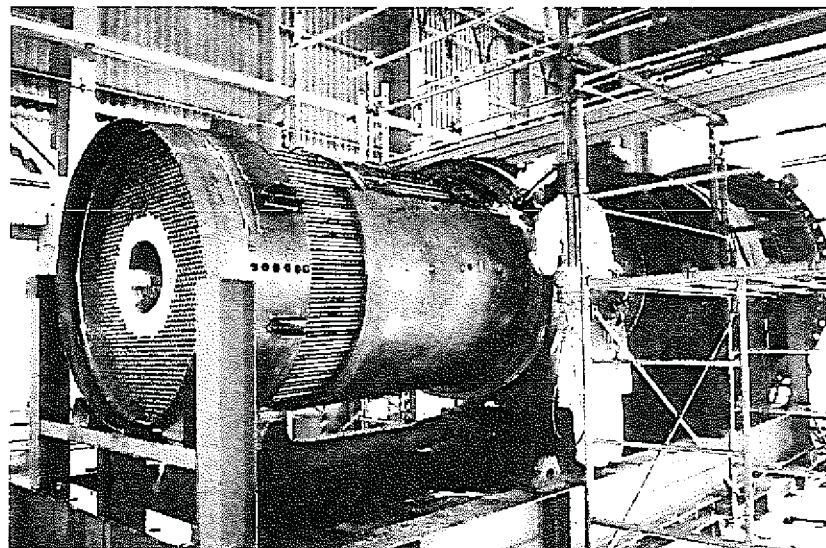
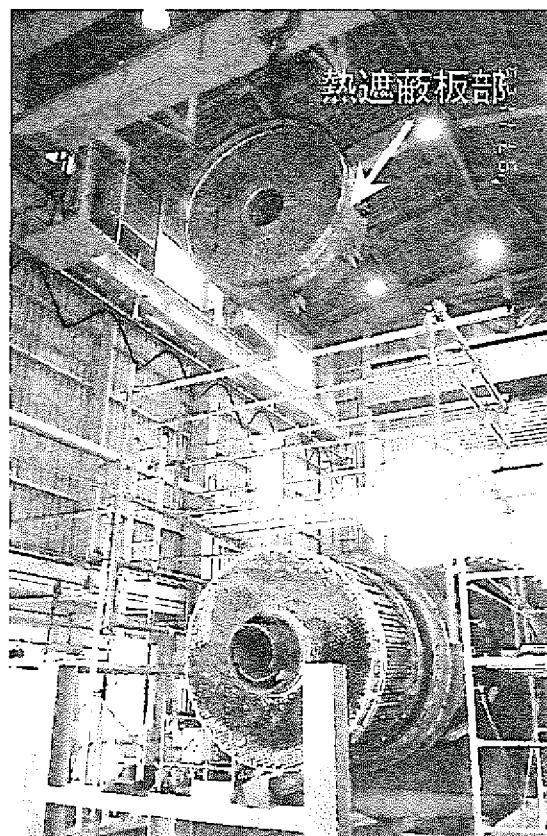
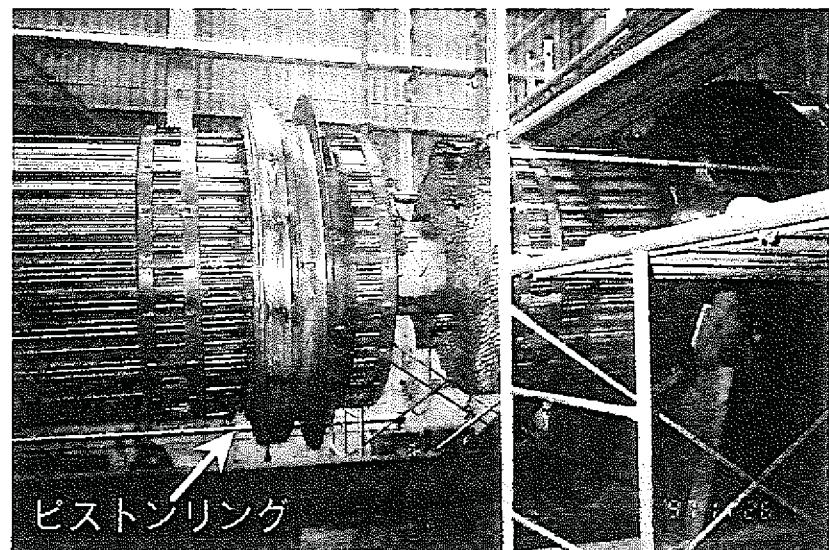


写真4.3-1 管束内胴の切斷



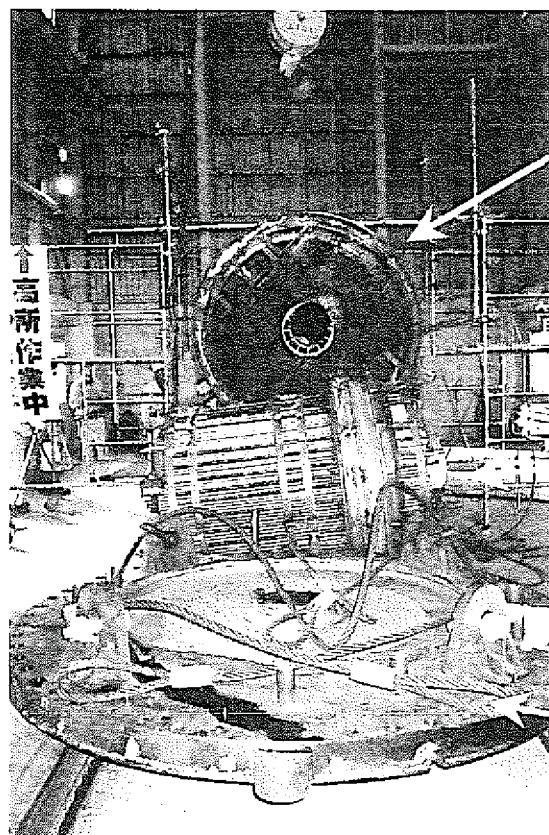


写真4.3-4 管束の切断完了状況

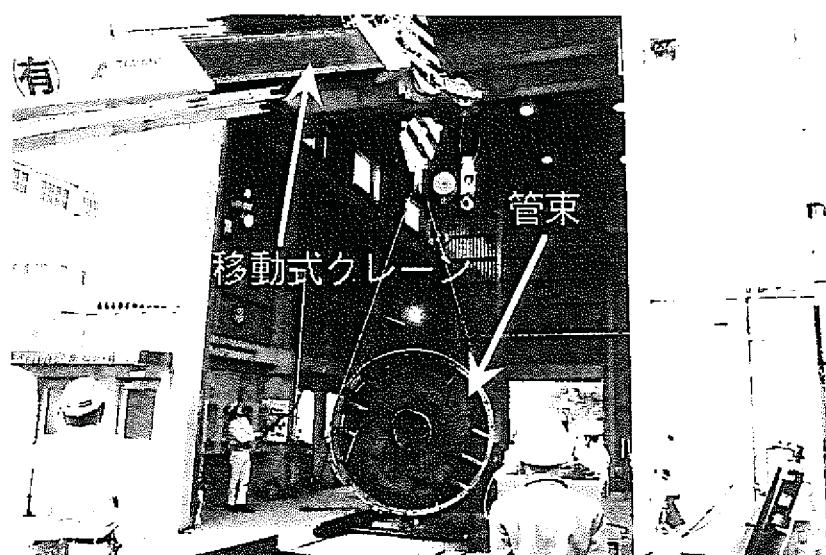


写真4.3-5 管束のスクラップ搬出

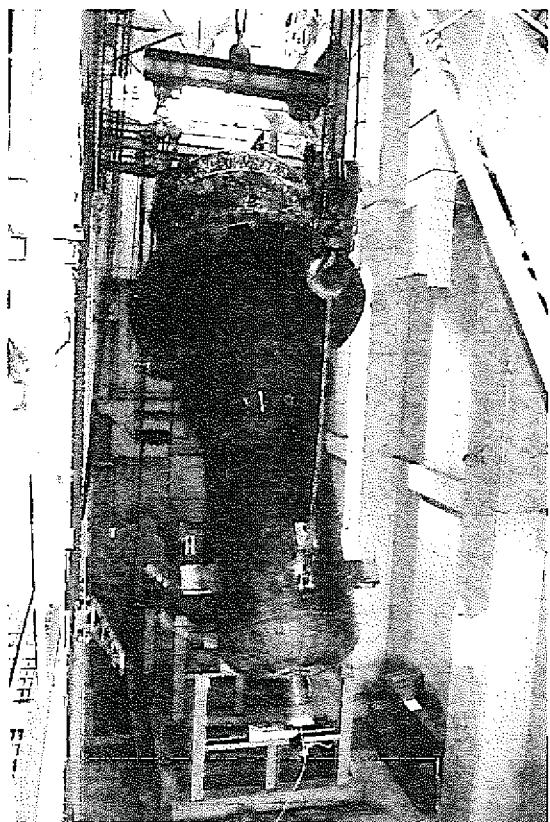


写真4.4-1 外胴吊り下ろし・横倒し

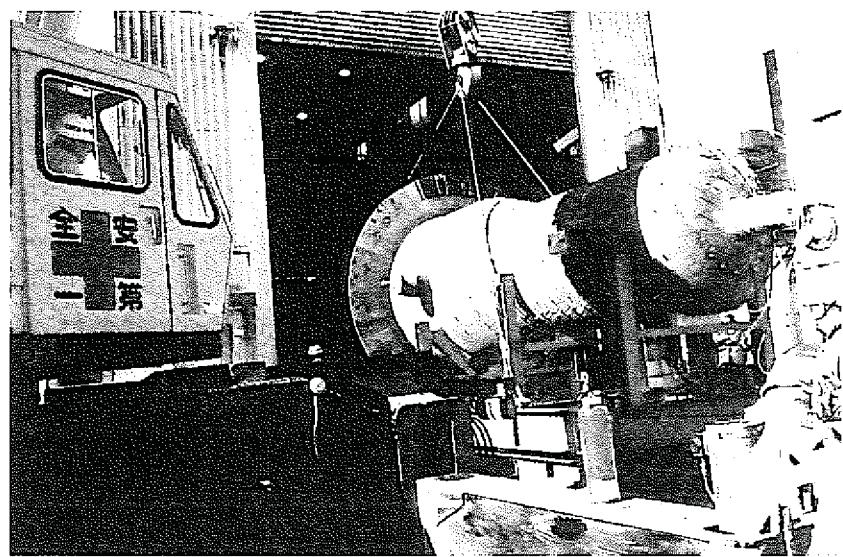


写真4.4-2 N a処理室への外胴引き込み

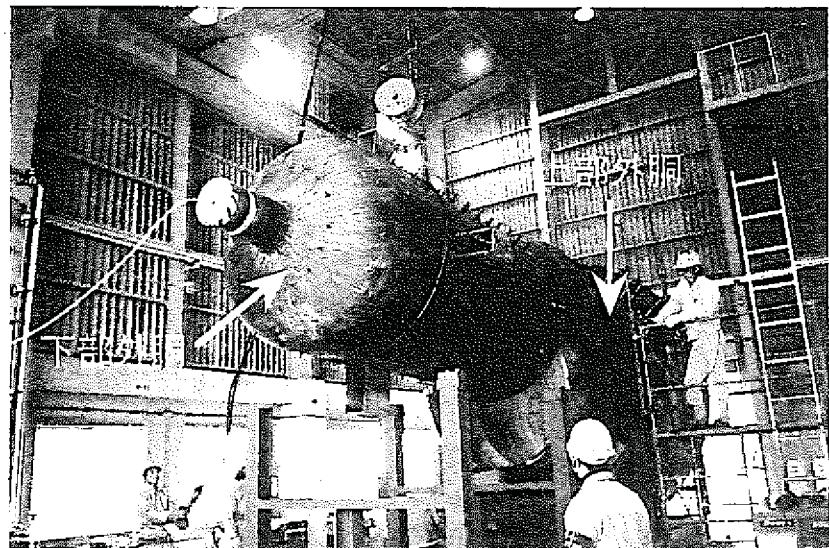


写真4.5-1 外胴洗浄準備

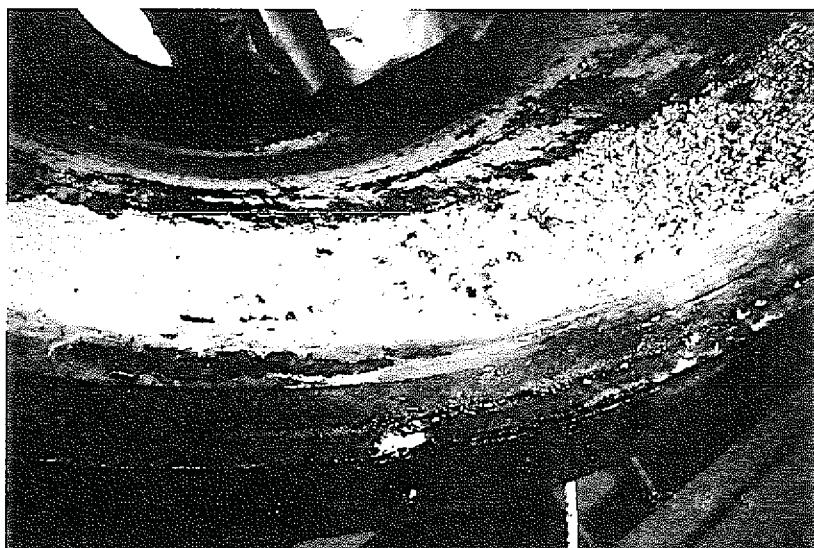


写真4.5-2 外胴ナトリウム付着状況（カバーガス部）

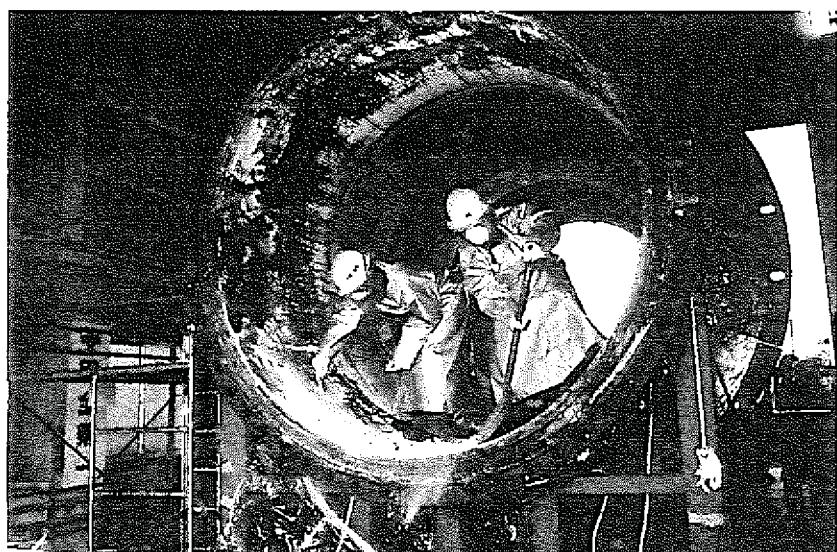


写真4.5-3 外胴ナトリウムの掻き出し作業



写真4.5-4 搔き出したナトリウム



写真4.5-5 外胴下部スチーム洗浄

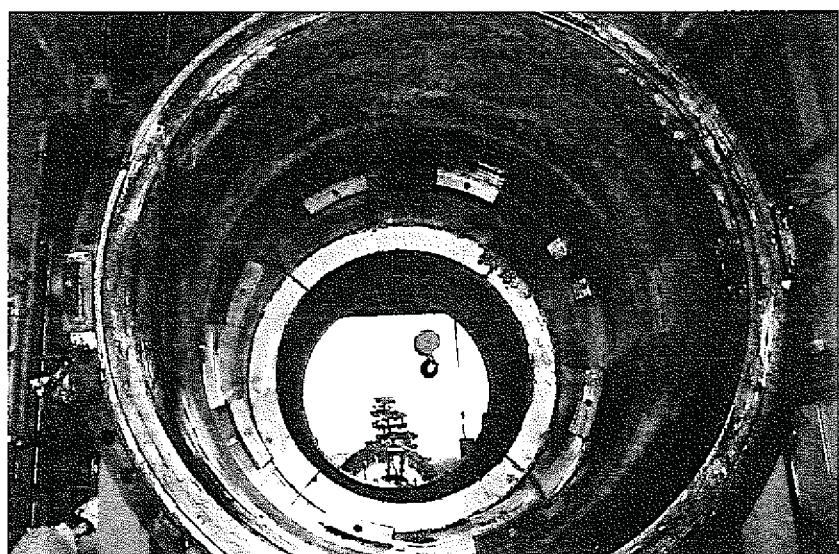


写真4.5-6 外胴上部の洗浄後



写真4.5-7 外胴カバー部腐食状況

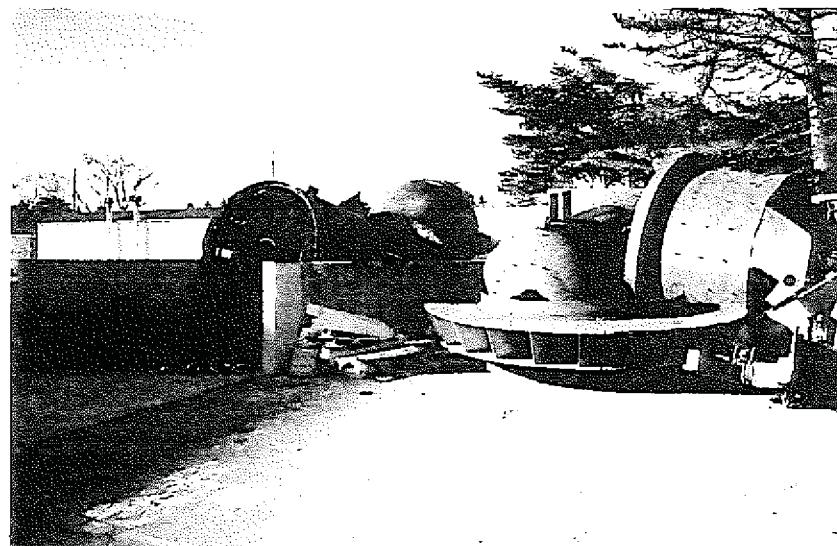


写真4.6-1 IHXスクラップ状況

付録－1

IHX管東部を引き抜くための油圧ジャッキ必要能力の検討

1. はじめに

中間熱交換器の解体作業において、管東部を引き抜く際、外胴と管東部のピストンリング部には図1.1に示すようなナトリウムの固着部があるため、その部分の固着ナトリウムを剪断しながら引き抜かなくてはならない。しかし、これまでのナトリウム機器の解体作業、特に固着部が存在する機器の解体において、定量的にナトリウム固着部の剪断に必要な力を測定した結果が無く、今回の引き抜く作業においてどの程度の力を加えれば引き抜き可能なのか想定できない。そこで、固体ナトリウムの剪断力等、機械的特性の測定結果の調査を行った。その結果、20年前に回転プラグの隙間部にナトリウムが蒸着した場合の影響確認のために実施した、固体ナトリウムの剪断力測定結果を得た。その結果を基にIHX引き抜きに必要な力を推定した。

2. 固体ナトリウムの剪断力の調査結果

固体ナトリウムの剪断力測定に関する実験結果を調査した所、20年前に回転プラグの隙間部にナトリウムが蒸着した場合の影響確認試験として以下の試験を行っていることが分かった。

- (1) SJ222 75-03 蒸着ナトリウム回転抗力試験研究 1975年9月
- (2) SJ222 77-07 蒸着ナトリウム回転抗力試験研究 (Ⅲ) 1977年6月

これらの試験結果をまとめると以下の通りである。

(1) SJ222 75-03の結果

この試験では、図2.1に示すように2重円筒内に鋳込んだナトリウムを強制的に回転させて、その時の回転抗力を求めている。試験は、ナトリウム温度、回転速度、隙間をパラメータに行っている。

試験結果の一例を図2.2に示す。結果を要約すると以下の通りである。

- ① ナトリウム温度20°Cでの剪断力は 2.5kg/cm^2 (回転周速度: 20mm/min) ~ 5.0kg/cm^2 (回転周速度: 100mm/min) である。
- ② ナトリウム温度40°Cでの剪断力は 2.3kg/cm^2 (回転周速度: 20mm/min) ~ 3.5kg/cm^2 (回転周速度: 100mm/min) である。
- ③ ナトリウムの固着幅(隙間)が3 mmと5 mmでは変わらない。

(2) SJ222 77-07の結果

この試験では、上記試験の2重円筒内に鋳込んだナトリウムを強制的に回転させて、その時の回転抗力を測定する試験と、図2.3に示すように棒状のナトリウムでの剪断力を求めている。試験は、ナトリウム温度、回転速度、隙間をパラメータに行っている。

図2.4に回転での試験結果、図2.5に棒状での試験結果を示す。結果を要約すると以下の通りである。

- ① ナトリウム温度20°Cでの剪断力は3.1kg/cm² (回転周速度: 20mm/min)
- ② ナトリウム温度20°Cでの剪断力は4.6kg/cm² (回転周速度: 100mm/min)
- ③ ナトリウム温度40°Cでの剪断力は2.3kg/cm² (回転周速度: 20mm/min)
- ④ ナトリウム温度40°Cでの剪断力は3.4kg/cm² (回転周速度: 100mm/min)
- ⑤ ナトリウム温度60°Cでの剪断力は1.8kg/cm² (回転周速度: 20mm/min)
- ⑥ ナトリウム温度60°Cでの剪断力は2.7kg/cm² (回転周速度: 100mm/min)

以下の結果は棒状ナトリウムを剪断させた結果。

- ① ナトリウム温度20°Cでの剪断力は2.0kg/cm² (速度: 5mm/min)
- ② ナトリウム温度20°Cでの剪断力は3.0kg/cm² (速度: 30mm/min)
- ③ ナトリウム温度40°Cでの剪断力は1.3kg/cm² (速度: 5mm/min)
- ④ ナトリウム温度40°Cでの剪断力は2.2kg/cm² (速度: 30mm/min)

(3) 上記の2つの試験のまとめ

上記の2つの試験結果の内、今回のIHXの管束引き抜きに近い条件の結果を選定しまとめた結果を図2.6に示す。ここで、IHXの管束引き抜きに近い条件とは、剪断力測定において回転(引張)速度の遅いもの(<30mm/min)を選定した。

図2.6の結果から、ナトリウム温度20°C(IHX解体は8月であり、室温は20°Cよりは高いので安全側となる)での剪断力を求めると、約3.0kg/cm²が得られ、データのバラツキ(報告書内の評価から±15%)を考慮し、保守側の大きい値をとると3.45kg/cm²≈3.5kg/cm²が得られる。

3. IHX管束引き抜き時の必要ジャッキアップ力

(1) IHX管束部引き抜き時の剪断力を受ける部分の面積

IHX管束部引き抜き時に固体ナトリウムが剪断力を受ける部分はピストンリング部であり、その部分の面積S(図3.1参照)は、以下の計算から7,892cm²が得られる。

$$S = \text{周長} (\phi 1,570\text{mm} \times \pi) \times \text{高さ} (160\text{mm}) = 789,168\text{mm}^2 \\ \approx 7,900\text{cm}^2$$

(2) IHXピストンリング部の固着ナトリウム剪断に必要な力

IHX引き抜き時、ピストンリング部の固着ナトリウムを剪断するのに必要な力は、上記2.(3)で得られた固体ナトリウムの剪断力と剪断する固着しているナトリウムの面積の積から求められ、以下ようになる。

$$\therefore \text{剪断に必要な力} = \text{固体ナトリウムの剪断力} \times \text{固着ナトリウムの面積} \\ = \text{約}3.5\text{kg/cm}^2 \times 7,900\text{cm}^2 \\ = 27,650 \text{ kg} \approx 28\text{ton}$$

(3) IHX管束部引き抜き時に必要な力

IHX管束部引き抜き時に必要な力は、ピストンリング部の固着ナトリウムを剪断するのに必要な力（約28ton）と管束の重量（約27ton）の和であり、約55tonが得られる。仮に、固着ナトリウムを剪断するのに必要な力に裕度として2倍みると約83tonとなる。

4. まとめ

以上の検討結果から、IHX管束引き抜き時に必要なジャッキアップ力は約83ton以上であることが分かった。

以上

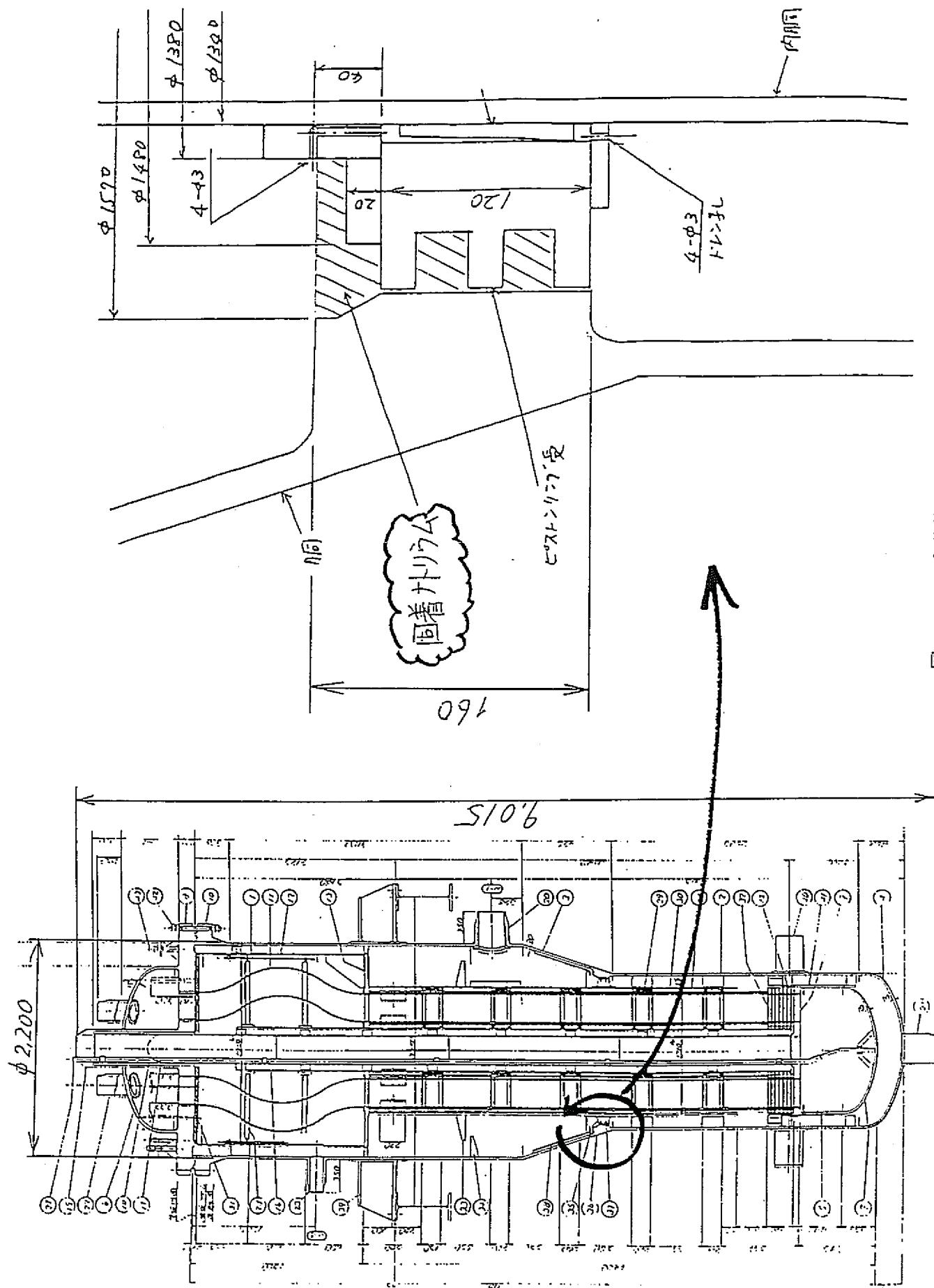


図1.1 IHX全体及び固定ナトリウム部(ピストンリング部)構造図

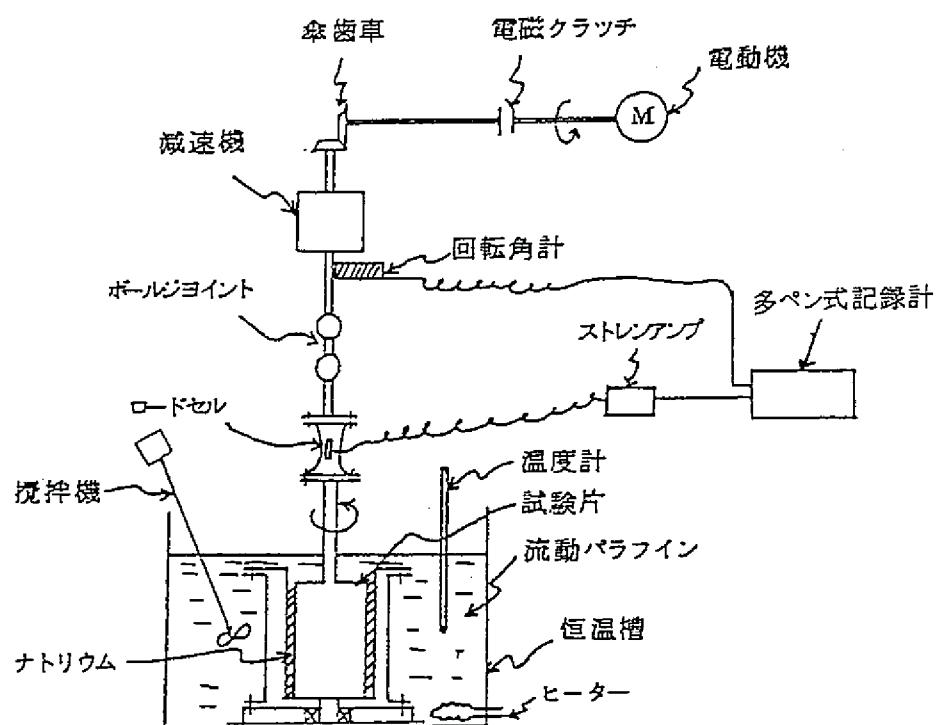


図2.1 固着ナトリウムの回転による剪断力測定概念図

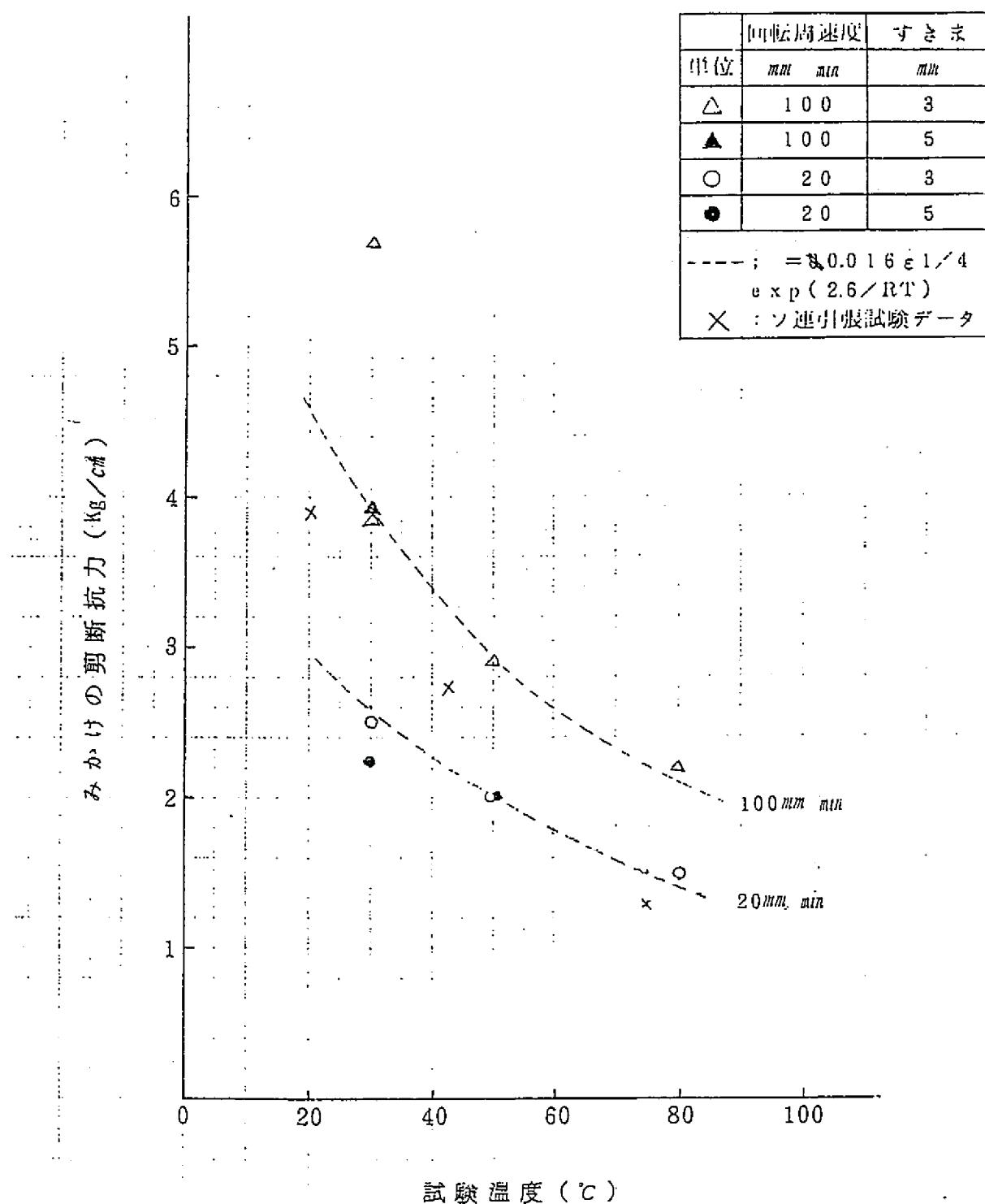
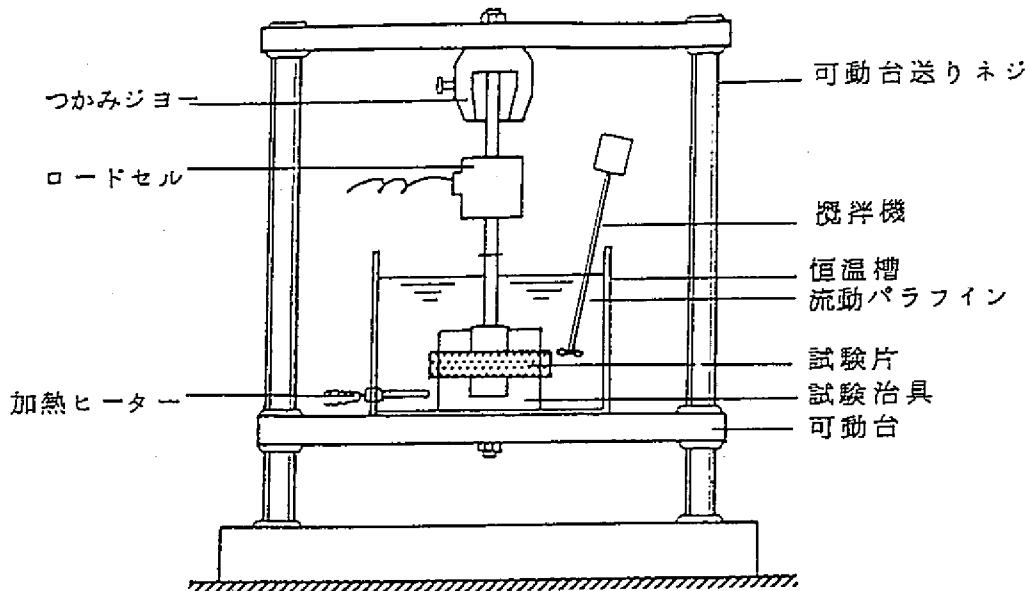


図2.2 回転による剪断力の測定結果（ナトリウム固着厚み：3～5mm）



剪断試験装置模式図

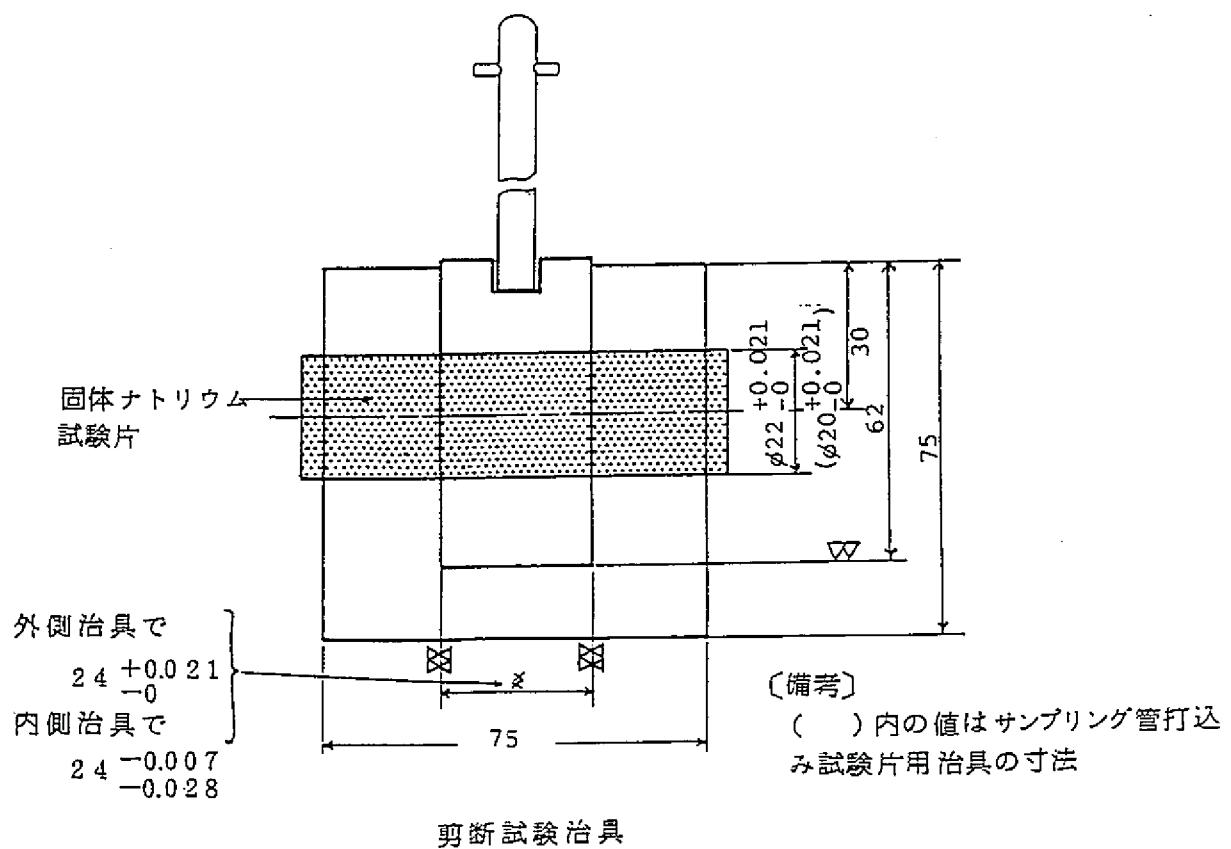


図2.3 棒状ナトリウムの剪断力測定概念図

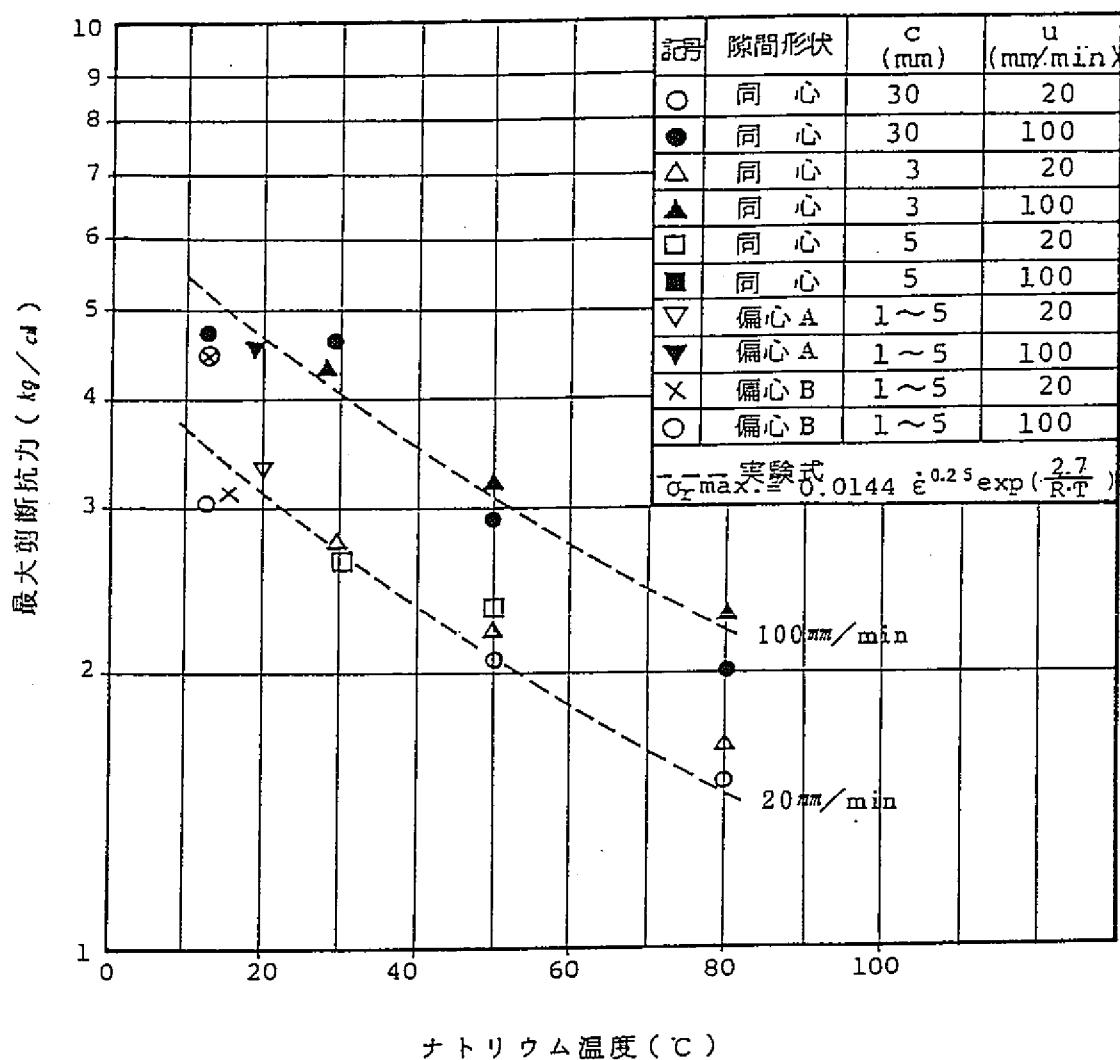


図2.4 回転による剪断力の測定結果（ナトリウム固着厚み：3~30mm）

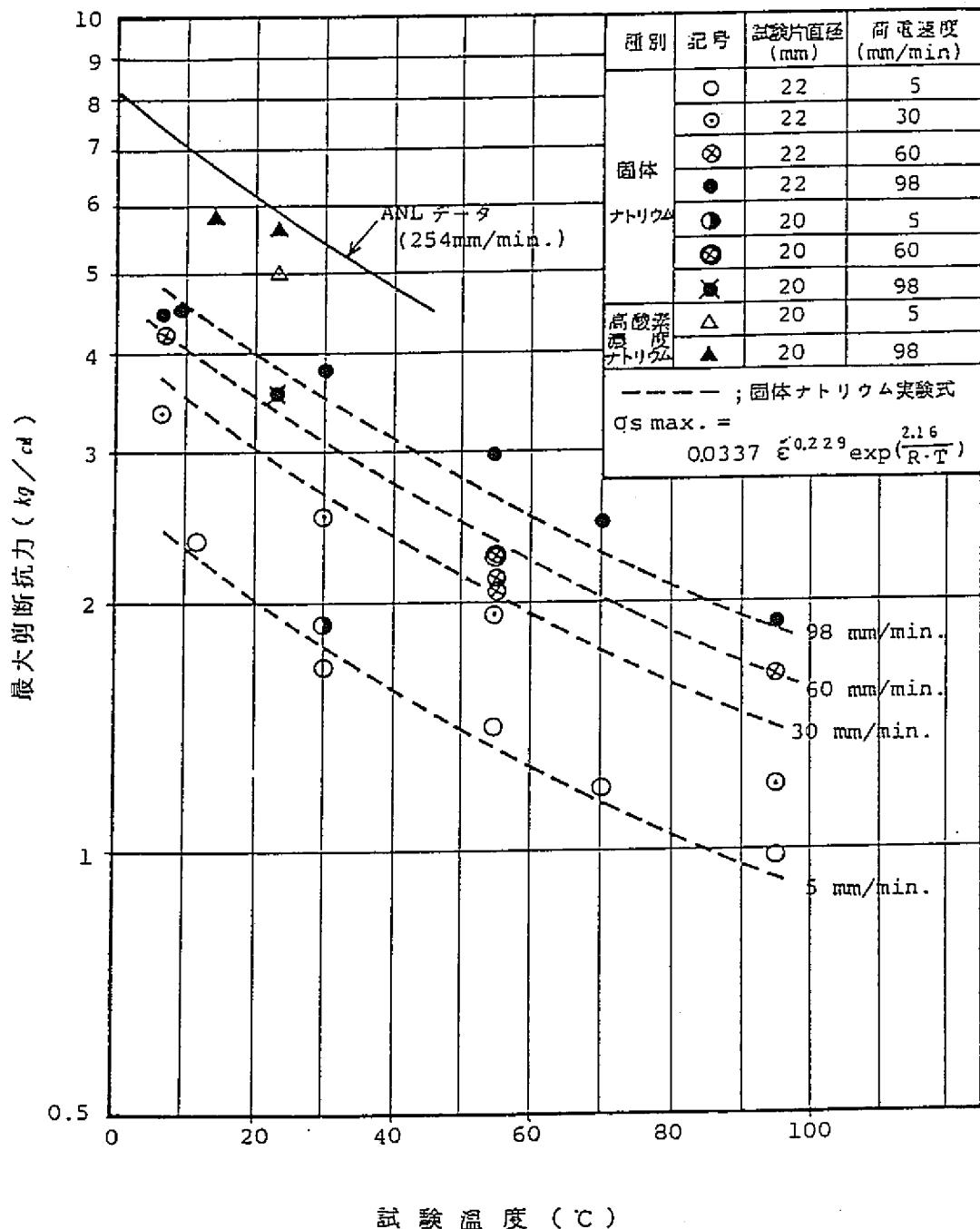


図2.5 棒状ナトリウムの剪断力測定結果

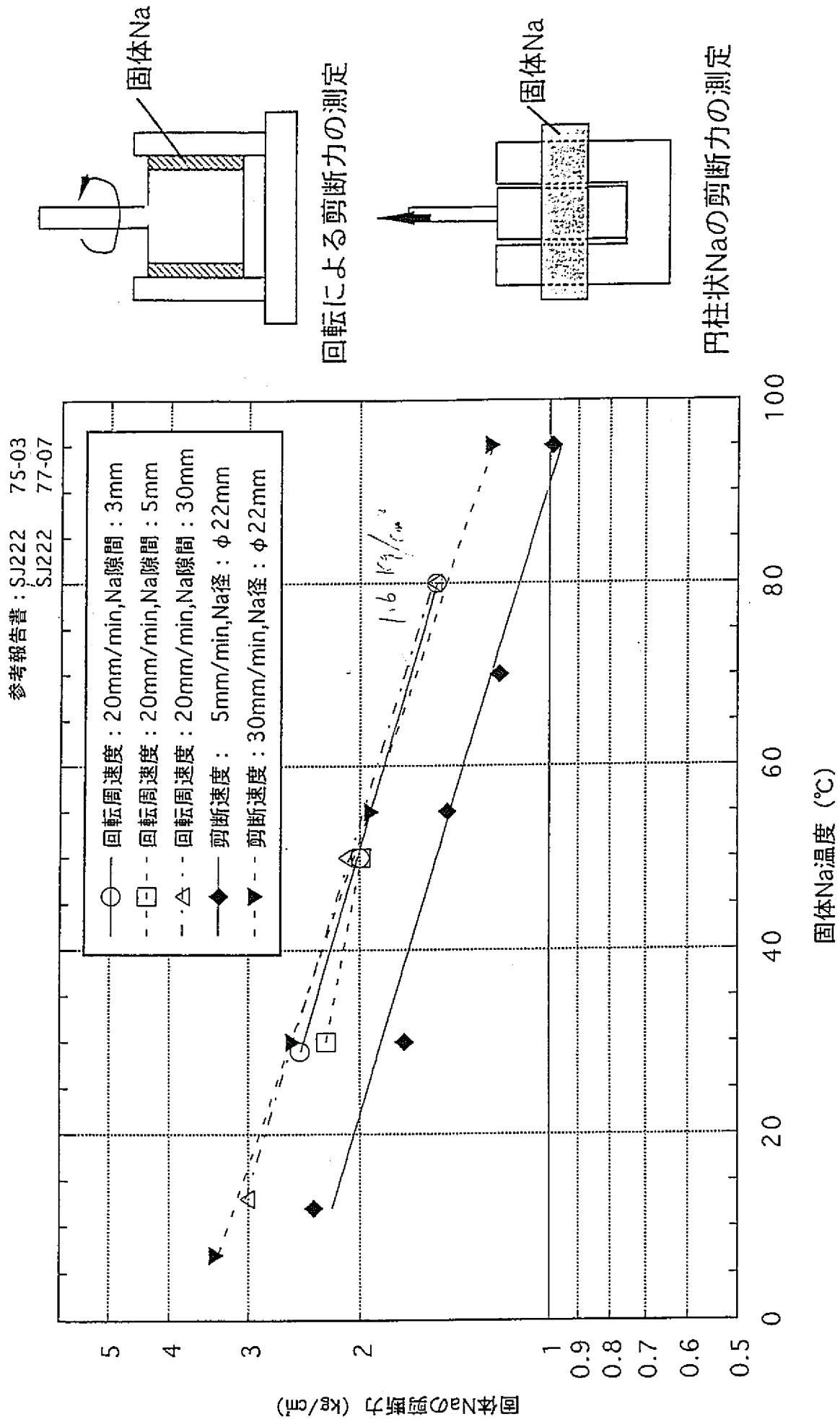


図2.6 固体ナトリウムの剪断力測定結果（剪断速度30mm/min以下を選定）

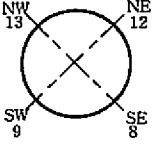
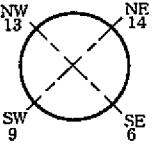
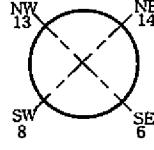
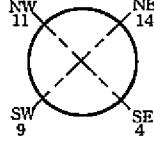
付録－2

I H X解体・洗净作業日誌

[油圧ジャッキによる管束引き抜き確認準備]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
10/22	IHX足場組立		
10/23	干渉架台の撤去 IHXフランジ、ボルト・ナットの取り外し。		
10/24	IHXフランジ、ボルト・ナットの取り外し。 IHXフランジ部のシールブレート穴開け	シールブレートをドリルにて穴開けし内部の、Naの有無を事前に調査した。結果、Naが無いことを確認されたため、プラズマ切断によりシールブレートを溶断することに決定した。	シールブレート内部は、Na ⁺ -バガ付着している程度。
10/27	管束引き抜き準備	ジャッキアップ用治具取付。 Na処理室床面養生。	
10/28	同上	Na処理室引き込み用レール設置	
10/29	同上	55tonロードセルの搬入。 IHXフランジのシールブレート部の溶断。 引き抜き確認用ビニールキャップの取付。	
10/31	同上	Na処理室、管束引き込み用ワインチの設置。吊り具搬入・設置。等	

〔油圧ジャッキによる管束引き抜き確認〕

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/4 2:38	IHXピストンリング部予熱開始	IHX管束引き抜きのため、ピストンリング部近傍約1mの幅でヒータを設置。	IHX外胴表面で約70℃、内挿部(2~3cm)で65℃。
9:10	管束引き抜き治具セット	油圧ジャッキをフランジ部4ヶ所にセット	O ₂ 濃度=0.02%
9:20	予熱部温度	66.1、70.8、65.4、69.8℃	
9:45	初期フランジ隙間測定	北:50、東:50、西:53、南:53mm	
9:47	管束ジャッキアップ開始	ジャッキ圧力計を監視しつつ、油圧ジャッキへ徐々に荷重を与えた。	
9:47		5MPaまで上昇	
9:49		10MPaまで上昇	
9:50		15MPaまで上昇した後、13MPaに低下。	
		北:52、東:50、西:53、南:53mm	
9:55		北:54、東:53、西:54、南:54mm	<u>ジャッキ圧力分布図</u> (英字は方位、単位MPa)
9:57	ストローク5回	北:58、東:57、西:57、南:57mm 圧力ほぼ変化せず。	
10:00	ストローク10回	北:63、東:61、西:61、南:62mm	
10:03	ストローク10回	北:66、東:65、西:64、南:64mm	
10:05	ストローク30回	北:77、東:76、西:74、南:74mm	

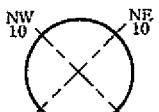
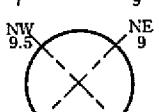
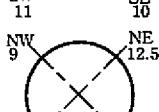
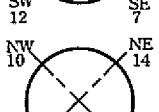
[油圧ジャッキによる管束引き抜き確認]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
10:09	ストローク30回	北:88、東:86、西:86、南:85mm	
10:12	ストローク30回	北:99、東:96、西:98、南:97mm	
10:19	ストローク50回	北:116、東:114、西:115、南:114mm	
10:23	ストローク50回	北:133、東:132、西:133、南:131mm	
10:25	ストローク50回 南側2台+8回調整	北:152、東:150、西:151、南:148mm	
10:32	南東のみ+4回調整	北:152、東:151、西:152、南:151mm	
10:34	ストローク50回	北:170、東:169、西:170、南:169mm	
10:38	ストローク50回	北:188、東:187、西:187、南:187mm <u>ジャッキアップ中に管束が上下に揺動、ピストンリングが外れる。</u>	
10:43	南東のみ+5回調整	高さ変化無し	
10:45	チェーンブロックによる吊り上げ	チェーンブロックに荷重移動…ロードセル=25ton	
10:50	ジャッキスペーサの挿入	ジャッキスペーサ(50mm)を挿入しジャッキに溶接取付。	

[油圧ジャッキによる管束引き抜き確認]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/4 11:16	ジャッキアップ再開 ストローク50回	北:209、東:210、西:204、南:206mm	
	南西+10、南東+8回調整	北:211、東:212、西:207、南:208mm	
11:23	ストローク10回	北:215、東:216、西:211、南:212mm	
11:25	ストローク30回	北:225、東:226、西:221、南:222mm	
	調整	北:226、東:228、西:222、南:224mm	
11:30	ストローク50回	北:243、東:245、西:241、南:242mm	
11:32	ストローク50回	北:262、東:263、西:258、南:259mm	
11:37	クレーンによる引き抜き確認	ロードセル指示値=24.01ton	
11:46		北:381、東:384、西:376、南:381mm	
11:47	管束引き抜き確認終了	油圧ジャッキ取り外し	
11:49		管束吊り下ろし 北:52、東:51、西:51、南:51mm	
11:52	ビニールキャスク交換	吊り治具を取り外し、管束引き抜き時用の長尺ビニールキャスクに交換。	

[管束引き抜き]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/5 9:10	管束輸送準備作業	トラック、クレーンの配置 ビニールキャスクN2置換	
9:25		O2濃度 上部、下部南=0%、下部北=1%	
9:35		吊り治具セット。但し、ロードセルは引き抜き時にはセットせず。 (吊り代が無いため)	
9:52	ジャッキアップ開始	N aの再固着がないか再度確認のため実施。ジャッキに5MPaまで均一に荷重を与える。	
9:53	ストローク50回	北:70、東:68、西:67、南:67mm	
9:55	ストローク50回 南東+5回調整	北:87、東:85、西:85、南:85mm	
9:58	ストローク50回 北東除き+5回調整	北:105、東:103、西:103、南:102mm	
10:03	ストローク50回 南東+5回調整	北:124、東:122、西:122、南:121mm	
10:07	ストローク50回	北:141、東:141、西:140、南:140mm	
10:10	ストローク50回	北:160、東:159、西:158、南:157mm	
10:13	チェーンブロックによる 吊り上げ開始	約170mmで西へ管束が揺動。ピストンリングが外れる。	

[管束引き抜き～Na処理室への搬入・設置]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/5 10:29		北:332、東:330、西:327、南:326mm	
10:32	クレーンによる引き抜き開始	A r連続供給するが、O2濃度上昇のため、約1m引き抜き毎に吊り上げを停止し、O2濃度が2%低下となるまで保持した。	
11:11	管束引き抜き完了		
11:16	管束一外胴のビニールキャスク切断・隔離	管束および外胴とも、ビニールキャスク切断部はキャスクを2重にして養生を実施した。(ロープ、番線にて締め付け)	
11:37	管束のクレーンによる吊り下ろし		
12:02	管束横倒し	管束横倒しジグの取付後、天井クレーンおよびトラッククレーンを利用して共吊りを行い、洗浄架台上に横置き。	管束をNa処理室へ運搬するまでワスルーで行いたかったが、50MW1Fに吊り下ろした時点で昼休憩。
14:30	Na処理室への運搬	ナトレックス消火器、ABC消火器、Arボンベをトラックに配備。	
14:50	Na処理室への管束の積み下ろし		
15:00	Na処理室への管束引き込み、保管養生	Na処理室に設置しておいた引き込みレール上に、チルタンクを設置し、管束を引き込んだ。但し、ワインチによる引き込みを計画していたが、ワインチ容量、固定方法が十分でなくNa処理室クレーンを利用し引き込みを行った。	
16:00	作業終了		

[管束洗浄準備]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/6 9:30	管束廻り足場組立	洗浄・管束解体用の門型足場の組立て	
11:00	管束外表面、下部開口部廻り（熱遮蔽板廻り）洗浄	残存Naが多いと推定される下部管板開口部から、水を含ませたウェスによる拭き取り洗浄を行った。	開口部廻りの洗浄・閉止作業においては、随時部分的にキャスクを開放しつつ作業を行った。
11:40	下部熱遮蔽板間のNa残留状況確認	ファイバースコープおよび針金を、ドレン孔（Φ10mm）より挿入し、Naの付着状況を確認した。	内部には、大量のNaは残留していなかった。
13:15	下部開口部廻り（熱遮蔽板廻り）閉止作業 中間部開口部廻り洗浄及び閉止作業	水を含ませたウェスによる拭き取り洗浄を行った後、ゴム板及びステンレス鉄板により開口部を閉止後、ステンレステープにより養生。	
15:00	カバーガス部開口部廻り洗浄及び閉止作業	ヘラ等による表面のNaの搔き取り、水を含ませたウェスによる拭き取り洗浄を行った後、ゴム板及びステンレス鉄板により開口部を閉止後、ステンレステープにより養生。	カバーガス表面は、炭酸Na等の非活性なNa化合物が多く付着していた。Na搔き取り時に、火花が若干発生した。
15:40	管束下部鏡板底部の残留Na除去	ヘラによる搔き取り。（本時点でキャスクの1/4を除去）	
16:40	同上終了		
17:00	搔き出しNaの燃焼処理	キャスク内、管束下部鏡板底部及びカバーガス部内部に残留していた。Na及びその化合物を燃焼室にて処理。	<u>8.4 kg</u>
17:30	カバーガス部開口部の閉止作業中断		
17:35	燃焼処理終了		

[内胴外表面全体の洗浄]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/6 17:35	終了準備	キャスク内酸素濃度及び水素濃度確認。窒素流量調整。	O2=3%、H2=0%
11/7 9:20	ビニールキャスクの取り外し、水洗浄。	前日に取り外したビニールキャスクの内残りの3/4を撤去し、これを水洗浄した。	
9:40	カバーガス開口部閉止準備	開口部廻りの水を含ませたウェスによるNaの拭き取り洗浄。	
10:50	カバーガス開口部廻りグラインダー仕上げ	開口部廻りに固着した炭酸Na等のウェスによる拭き取り洗浄が行えないものをグラインダーで削り取った。	
13:20	カバーガス開口部閉止養生	ゴム板及びステンレス鉄板により開口部を閉止後、ステンレステープ及びガムテープにより養生。	Naの潮解液により、テープの付着性が悪かった。
16:20	カバーガス開口部ステンレスバンド養生		
16:30	管束胴スチーム洗浄	管束下部側より、外表面のスチーム洗浄を行った。（この時点では全ての開口部は閉止されていた）	
18:00	管束胴スチーム洗浄終了		
18:30	管束胴水洗浄開始		
18:43	管束胴水洗浄終了		
18:45	床清掃、保管養生		Na燃焼量 = 2.0 kg

[管束洗浄準備（熱遮蔽板部穴開け）]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/10 9:10	床清掃、管束表面水拭き	管束表面に付着した、乾燥苛性ソーダの拭き取り。	
10:00	管束回転用ローラ取付・調整（メーカ）	管束中間部付近に半円周上に4ヶ所に回転ローラの取付	
10:00	燃焼室排水溝詰まり補修 H2、O2濃度測定	O2濃度 ・カバーガス部=13% ・熱遮蔽板部=8% H2濃度 ・カバーガス部=0LEL% ・熱遮蔽板部=0LEL%	
14:00	レベル計取り外し (メーカ)		
14:30	熱遮蔽板部穴開け、管束回転用ローラ取付・調整 (メーカ)	頂点側に熱遮蔽板の隙間毎にスチム注入口6ヶ所、ドレン口として下部に2ヶ所穴開け。	穴開け機は、アトラ（商品名）を使用。
14:50	レベル計水洗浄	燃焼室内にて水洗浄（ドブ漬け洗浄含む）及び表面の固着物の除去を行った。	
16:00	熱遮蔽板部穴開け終了 (メーカ)	注入口6ヶ所終了。ドレン口は後日。	
16:30	管束胴回転	建屋クレーンを使用し、偏心吊りを行って管束を回転。	

[管束洗浄準備（管束中部内胴穴開け）]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/10 17:20	レベル計取り外し（メー カ）、洗浄 H2、O2濃度測定 作業終了準備	管束回転後、上部側に有ったレベ ル計の取り外し後、燃焼室におい て水洗浄（ドブ漬け洗浄含む）及 び表面の固着物の除去を行った。 O2濃度 ・カバーガス部=2% ・熱遮蔽板部=1.5% H2濃度 ・カバーガス部=0LEL% ・熱遮蔽板部=0LEL%	
17:30	作業終了		
11/11 9:20	熱遮蔽板部穴開け	熱遮蔽板部最下端に洗浄用ドレン 口2ヶ所。	
9:40	H2、O2濃度測定	O2濃度 ・カバーガス部=5% ・熱遮蔽板部=5% H2濃度 ・カバーガス部=0LEL% ・熱遮蔽板部=0LEL%	
11:00	管束中間部穴開け開始	管束周方向に均等に4ヶ所の洗浄 用ノズル取り入れ口とドレン口の 穴開け。	穴開けスピード=約3 min/ヶ所
11:20	管束回転による、ずれ落 ち移動分の補正	管束回転により、管束が傾斜方向 にずれ落ちたため油圧ジャッキにて補 正を試みた。	
13:00	同上	油圧ジャッキの荷重により、架台梁が 変形したため。梁をチーンブリッジにて 補強。再度ずれ落ちの補正を行う。	
14:00	管束回転（45°）	管束中間部穴開けのため、クレー ンにより偏心吊りを行い回転。	

【管束洗浄準備（管束中部内胴穴開け）】

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/11 14:15	管束中間部穴開け後、管束回転（45°）		
15:20	管束中間部穴開け		
15:50	管束回転（45°）		
16:00	管束中間部穴開け		
16:30	管束回転による、ずれ落ち移動分の補正		
17:00	H2,O2濃度測定	O2濃度 ・カバーガス部=1.5% ・中間部 =2.5% ・熱遮蔽板部 =2.0% H2濃度 ・カバーガス部=0LEL% ・中間部 =0LEL% ・熱遮蔽板部 =0LEL%	
11/12 9:05	H2,O2濃度測定	O2濃度 ・カバーガス部=2.5% ・中間部 =4.0% ・熱遮蔽板部 =3.5% H2濃度 ・カバーガス部=0% ・中間部 =0.5LEL% ・熱遮蔽板部 =1.0LEL%	
9:10	管束回転によるずれ落ち防止措置	管束架台梁に補強部材の追加。 管束回転及びずれ落ち防止用として軸方向にチルタンク追加（2ヶ所）	
14:45	管束回転によるずれ落ち防止措置作業完了		
14:50	管束回転（45°）		

[管束洗浄準備(カバーガス部内胴穴開け)～熱遮蔽板部洗浄]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/12 15:00	カバーガス部穴開け	カバーガス部最下端、天地にスチーム洗浄時のドレン口として2ヶ所穴開け。	
16:55	H2,O2濃度測定	O2濃度 ・カバーガス部=1.0% ・中間部 =2.9% ・熱遮蔽板部 =2.6% H2濃度 ・カバーガス部=0LEL% ・中間部 =0LEL% ・熱遮蔽板部 =0LEL%	
11/13 9:10	スチーム洗浄準備 H2,O2濃度測定	スチーム洗浄ノズルセット O2濃度 ・カバーガス部=3.0% ・中間部 =2.5% ・熱遮蔽板部 =2.5% H2濃度 ・カバーガス部=0.2LEL% ・中間部 =0.2LEL% ・熱遮蔽板部 =0LEL%	スチーム洗浄装置には、IHX洗浄用の短尺ノズルを使用した。
9:40	熱遮蔽板部のスチーム洗浄	洗浄装置1台、N2=5m3/h、蒸気=5m3/h	激しいNa/水反応の為、洗浄装置は1台とした。 H2=13LEL%
10:02	熱遮蔽板部のスチーム洗浄中断、洗浄要領の変更	初期の凝縮水の削減と反応の抑制のため、洗浄用ノズルを通常の長尺ノズルに取り替え	
10:17	熱遮蔽板部のスチーム洗浄再開	洗浄装置1台、N2=50m3/h、蒸気=20m3/h (6ヶ所全ての穴を対象に洗浄)	蒸気連続供給時、H2=30LEL%→20LEL%で安定。
11:13	スチーム洗浄装置追加	H2=15LEL%に低下安定してきたため、スチーム洗浄装置を、1台→2台に追加。	

[熱遮蔽板部洗浄]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/13 11:53	AM洗浄中断	洗浄廃液の導電率測定の結果、オーバーレンジ。 熱遮蔽板部の穴開き部は、N2流動させ保持。	
13:05	洗浄再開準備（熱遮蔽板部洗浄口追加） 内部確認	熱遮蔽板部両側側面に洗浄用ノズル注入口を各1ヶ所追加。 ファイバースコープによる内部確認。	
13:15	廃液量測定	廃液重量測定、中和滴定の実施。	<u>10.8kg=Na;1013 g</u>
13:40	スチーム洗浄準備 H ₂ O ₂ 濃度測定	スチーム洗浄ノズル準備 O ₂ 濃度 ・カバーガス部=2.5% ・中間部 =2.5% H ₂ 濃度 ・カバーガス部=1LEL%未満 ・中間部 =17LEL%	
14:15	洗浄開始	洗浄装置 2台、N2=50m ³ /h、蒸気=20m ³ /h。管板側開口部より集中的に洗浄。	3班で実施（1班40分作業、20分休憩）
15:15	洗浄中断、内部確認、 廃液量測定。	ファイバースコープによる内部確認。 廃液重量測定、中和滴定の実施。	<u>13.2kg=Na;974 g</u> 導電率=オーバーレンジ
15:34	洗浄再開	洗浄装置 2台、N2=50m ³ /h、蒸気=20m ³ /h。管板側開口部より集中的に洗浄。	
15:54	洗浄中断、廃液量測定。	廃液重量測定、中和滴定の実施。	<u>8.57kg=Na;288 g</u> 導電率=182mS/cm
16:01	洗浄再開	上部側、南側側面より同時洗浄開始。 上部： N2=50m ³ /h、蒸気=25m ³ /h 側面： N2=50m ³ /h、蒸気=5 → 10m ³ /h	
16:24	洗浄中断、廃液量測定。	廃液重量測定、中和滴定の実施。	<u>5.7kg=Na;144 g</u> 導電率=141mS/cm

[熱遮蔽板部洗浄]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/13 16:26	洗浄再開	両側侧面より洗浄開始。 N2=50m3/h、蒸気=5→10m3/h	H2濃度=10%
16:46	洗浄中断、廃液量測定。	廃液重量測定、中和滴定の実施。	<u>3.4kg=Na;90 g</u> 導電率=153mS/cm
16:26	洗浄再開	両側侧面より洗浄開始。 N2=50m3/h、蒸気=10m3/h	
17:02	蒸気流量変更	蒸気=10→15m3/h	
17:05	N2流量変更	N2=25m3/h	
17:12	洗浄中断、廃液量測定。	廃液重量測定、中和滴定の実施。	<u>5.24kg=Na;85 g</u> 導電率=106.3mS/cm
17:18	洗浄再開、閉止	上部穴6箇所の内4箇所閉止（蒸気プローチのため） 蒸気=15m3/h、N2=25m3/h	
17:21	閉止取り外し	閉止蓋取り外し。 Na未洗浄である中間部側に蒸気が流入するため。	
17:38	洗浄中断、廃液量測定	廃液重量測定、中和滴定の実施。	<u>5.1kg=Na;75 g</u> 導電率=94mS/cm
17:39	管束180°回転		
17:50	O2,H2濃度測定	O2濃度=12% H2濃度=40LEL% O2濃度が低下するまで洗浄中断。	
18:30	O2,H2濃度測定	O2濃度=1.5% H2濃度=25LEL%	
18:41	O2,H2濃度測定	O2濃度=1% H2濃度=8LEL%	
18:48	洗浄再開	蒸気=15m3/h、N2=30m3/h	
19:09	洗浄中断、廃液量測定	廃液重量測定、中和滴定の実施。	<u>8.1kg=Na;186 g</u> 導電率=152.5mS/cm

[熱遮蔽板部洗净]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/13 19:14	洗浄再開	蒸気=15m3/h、N2=30m3/h <洗浄中> O2濃度=1% H2濃度=0.4~0.6LEL%	
19:35	洗浄停止、N2プロー	洗浄装置ノズルを利用し、N2のみによる凝縮水のプロー。	
19:58	N2プロー停止、廃液量測定		9.5kg=Na;185g 導電率=119mS/cm
20:20	O2,H2濃度測定・夜間保管準備	N2=5 ℥ /min×2ヶ所 O2濃度 ・カバーガス部=1.0% ・中間部 =2.5% ・下 部 =2.5% H2濃度 ・カバーガス部=8LEL% ・中間部 =24LEL% ・下 部 =17LEL% ・熱遮蔽板部総Na処理量 =3.04kg	

[カバーガス部洗浄]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/14 9:10	スチーム洗浄準備 H2,O2濃度測定	O2濃度 ・カバーガス部=8% ・中間部 =14% ・下 部 =7% H2濃度 ・カバーガス部=17LEL% ・中間部 =2LEL% ・下 部 =2LEL%	
9:50	管束上部 (カバーガス部) スチーム洗浄開始	南側側面下側の閉止板を2ヶ所取り外し、洗浄装置1台にて洗浄開始。 蒸気=10m ³ /h、N2=30m ³ /h	10:00 N2入荷
9:57	開口部追加	最下部 1ヶ所を取り外し。 約10min毎に蒸気流量変更 蒸気=10→15m ³ /h 蒸気=15→20m ³ /h 蒸気=20→25m ³ /h	
10:27	蒸気変更洗浄装置 1台追加		
10:30		北側側面下側の閉止板を2ヶ所取り外し、洗浄装置 2台で洗浄開始。 O2濃度=18% H2濃度=10LEL%さらに上昇傾向	
10:50	蒸気量変更 H2,O2濃度測定	蒸気=25→40m ³ /h O2濃度=19.5% H2濃度=7LEL%	
11:17	廃液量測定	廃液重量測定。	廃液=32kg
11:36	廃液量測定	廃液重量測定。	廃液=16kg
11:50	廃液量測定。AM洗浄中断	廃液重量測定	廃液=11kg
13:05	管束回転	180° 管束を回転	
13:17	管束上部 (カバーガス部) 洗浄再開	両側側面下部 (管束回転前における上部側) の 2 方向より、洗浄装置 2台で洗浄再開。 蒸気=40m ³ /h、N2=0m ³ /h	4班各 2名で実施 (1班40分作業、20分休憩)

[カバーガス部～管束中間部洗浄]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/14 14:10	洗浄中断、廃液量測定。		廃液=32kg
14:20	洗浄再開		
14:35	管束上部（カバーガス部）洗浄終了。中間部洗浄準備	管束中間部、下部開口部（ハッフル板上部のNa流出窓）Naの全ての閉止板の取り外し。	
14:40	廃液量測定。（カバーガス部）		廃液=11.6kg
14:50	管束中間部洗浄開始	洗浄装置2台により、管束下部側より洗浄開始。	
15:20	洗浄中断、廃液量測定。	蒸気=40m ³ /h、N ₂ =0m ³ /h	廃液=19.6kg
15:40	管束中間部洗浄開始	洗浄中断、廃液量測定。	廃液=16kg
15:55	洗浄中断、廃液量測定。	洗浄中断、廃液量測定。	廃液=8.4kg
16:24	管束中間部洗浄終了。	洗浄中断、廃液量測定。	廃液=11kg
16:28	洗浄受け皿内の廃液量測定	カバーガス部の洗浄受け皿内の水洗浄及び重量測定	廃液=7.2kg
16:43	管束中間部、カバーガス部水洗浄開始		
17:05	管束中間部、カバーガス部水洗浄終了		
17:30	作業終了	床清掃、水洗い。 ・カバーガス部総Na処理量 =32.754kg (廃液中) +1.471kg (受皿中) =34.225kg ・管束中間部総Na処理量 2.046kg (中和滴定は何れも、廃液を一括して集め行った)	

[下部鏡板切断・燃焼処理～上部鏡板切断]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/17 9:30	下部鏡板切断切り離し準備	IHX内のガス圧抜き。2次側Na入口配管へのN2ラインの接続。	
9:45	下部鏡板穴開け開始	鏡板内部のNa付着状況確認用として1ヶ所穴開け。	
9:55	鏡板内部Na付着状況確認	ファイバースコープによる内部Na付着状況の確認。プラズマ切断を行っても問題がないことを確認。	
10:50	下部鏡部切断開始	下部管板付近からプラズマにより切断開始。	
11:05	管束回転、鏡板切断	管束を180°回転し、プラズマ切断再開。	
11:20	鏡板切断終了、内部確認		
11:25	鏡板と管束の切り離し	チーンロック及びクレーンを利用し、鏡板内部のドレン管ポートの切り離し。	
11:58	切り離し終了、燃焼室への移動		
13:10	上部鏡板切断切り離し準備	上部鏡板内部のNa付着状況確認用として1ヶ所穴開け。	
13:15	下部鏡板内のNa調査、燃焼処理	Na燃焼室にて燃焼処分。Na深さ30mm、直径=500mm ドレン管ポートに隙間ゲージ及び針金が混入。 IHX製作時に既に混入していたものと推定される。	
13:32	上部鏡板内部のNa付着状況確認	上部管板表面に全面白色のNa（炭酸安定化済みと思われる） 放置後茶褐色に変化した。 プラズマ切断を行っても問題がないことを確認。	
13:46	2次系Na出口配管切断	2次系Na出口配管4本をプラズマで切断開始。	

[下部鏡板切断・燃焼処理～上部鏡板切断]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/17 14:00 ～ 14:20	下部鏡部Na燃焼終了	下部燃焼処理終了後、鏡板下部に プラズマで穴開けしドレン廃液処分。	

[上部鏡板切断～伝熱管内面の洗浄]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/18 9 : 25	上部鏡板切断開始	上部鏡板を上部管板付近からプラズマにより切断開始。 鏡板重量、Na入口配管の構造的な理由から鏡板を1/2ずつに切断・撤去。	
11 : 20	上部鏡板1/2撤去終了、水洗浄	鏡板内表面には、Naの付着がほとんど無かったため水洗浄にて処理。	
12 : 25	上部鏡板（残りの1/2）切断終了、水洗浄		
12 : 30	上部鏡板（残りの1/2）切断終了、水洗浄 伝熱管内表面洗浄準備	伝熱管洗浄用治具架台取付。	
13 : 15 ～40	上部、下部管板表面のNa拭き取り	管板表面のNa（潮解済み）を濡れタオルで拭き取り洗浄。	
13 : 30 ～ 17 : 00	管束中部切断撤去	IHXスクラップのため、（伝熱管を除いて）内胴のプラズマ切断を、伝熱管内面洗浄と平行して実施。	
13 : 40	伝熱管内面の洗浄時間の決定	伝熱管洗浄治具（20本分）をセットし洗浄を開始。洗浄時間の決定は廃液を採取し、導電率の低下傾向から洗浄時間を決定する。また、廃液の中和滴定から最終的に伝熱管内表面のNa洗浄量を求める。 Na処理量の決定は、3セット分の測定平均とした。 蒸気=20m ³ /h、N ₂ =20m ³ /h	洗浄治具ノズルのセットに約1～2minを要する。
13 : 49	#01洗浄、導電率測定	13 : 51 69.2mS/cm 13 : 53 8.24mS/cm 13 : 57 0.5mS/cm	
14 : 00	#02洗浄、導電率測定、廃液量測定	14 : 04 180mS/cm 14 : 07 6.93mS/cm 14 : 09 0.724mS/cm 廃液量=2.14kg=Na含有量12.4 g	

[伝熱管内面の洗浄]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/18 14:14	#03洗浄、導電率測定	14:15 189.6mS/cm 14:16 90.3mS/cm 14:17 20.8mS/cm 14:18 5.64mS/cm 14:19 2.38mS/cm 14:20 1.08mS/cm 14:21 0.67mS/cm <u>#03の導電率測定結果から、1セツト当たりの洗浄時間を4minと決定。</u>	
14:24	#04洗浄開始・廃液量測定	廃液量=1.36kg=Na含有量13.2g	
14:30	#05洗浄開始		
14:36	#06洗浄開始・廃液量測定	廃液量=1.16kg=Na含有量12.4g <u>#02,04,06の結果の平均値から、1セット当たりのNa処理量=12.7gと決定。</u>	
14:42	#07洗浄開始		
14:49	#08洗浄開始		
14:55	#09洗浄開始		
15:00	#10洗浄開始		
15:34	#11洗浄開始		
15:41	#12洗浄開始		
15:47	#13洗浄開始		
15:54	#14洗浄開始		
16:00	#15洗浄開始		
16:05	#16洗浄開始		
16:11	#17洗浄開始	#18、19カットミス？	
16:16	#20洗浄開始		
16:21	#21洗浄開始		
16:27	#22洗浄開始		
16:32	#23洗浄開始		
16:37	#24洗浄開始	Total実績=480/2044本	
16:42	作業終了、保管養生	上下管板キャスク取付、N2流動(50/min)	

[伝熱管内面の洗浄・管束内胴の切断]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/19 9 : 00 ～ 17 : 00	管束中間部、内胴切断開始	(伝熱管を除いて)内胴のアラスマ切断を、伝熱管内面洗浄と平行して実施。11/18の作業の継続。	
9 : 11	伝熱管内面洗浄開始 # 25洗浄開始	11/18の洗浄作業の継続。平行して、蒸気洗浄が終了した伝熱管の水洗浄を実施する。	
9 : 16	# 26洗浄開始		
9 : 22	# 27洗浄開始		
9 : 27	# 28洗浄開始		
9 : 32	# 29洗浄開始		
9 : 38	# 30洗浄開始		
9 : 43	# 31洗浄開始		
9 : 49	# 32洗浄開始		
9 : 54	# 33洗浄開始		
10 : 00	# 34洗浄開始	18本のみ洗浄	
10 : 06	# 35洗浄開始		
10 : 39	# 36洗浄開始		
10 : 45	# 37洗浄開始		
10 : 52	# 38洗浄開始		
10 : 57	# 39洗浄開始		
11 : 02	# 40洗浄開始		
11 : 09	# 41洗浄開始		
11 : 14	# 42洗浄開始		
11 : 19	# 43洗浄開始		
11 : 25	# 44洗浄開始		
11 : 31	# 45洗浄開始		
11 : 36	# 46洗浄開始		
11 : 42	# 47洗浄開始		
11 : 46	# 48洗浄開始 洗浄中断		
13 : 09	# 49洗浄開始		
13 : 15	# 50洗浄開始		
13 : 20	# 51洗浄開始		
13 : 26	# 52洗浄開始		
13 : 32	# 53洗浄開始		
13 : 37	# 54洗浄開始		
13 : 42	# 55洗浄開始		
14 : 07	# 56洗浄開始	5本のみ洗浄	
14 : 12	# 57洗浄開始		

[伝熱管内面の洗浄・管束内胴の切断]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/19	#58洗浄開始 14:23 #59洗浄開始 14:28 #60洗浄開始 14:33 #61洗浄開始 14:39 #62洗浄開始 14:44 #63洗浄開始 14:49 #64洗浄開始 14:54 #65洗浄開始 15:36 #66洗浄開始 15:42 #67洗浄開始 15:48 #68洗浄開始 15:53 #69洗浄開始 15:58 #70洗浄開始 16:03 #71洗浄開始 16:08 #72洗浄開始 16:12 #73洗浄開始 16:17 #74洗浄開始 16:22 #75洗浄開始 16:27 #76洗浄開始 16:32 作業終了、保管養生	21本洗浄 Total実績=1484/2044本	
11/20	8:50 管束内胴解体、 #77洗浄開始 9:08 #78洗浄開始 9:13 #79洗浄開始 9:18 #80洗浄開始 9:23 #81洗浄開始 9:29 #82洗浄開始 9:35 #83洗浄開始 9:42 #84洗浄開始 9:46 #85洗浄開始 9:51 #86洗浄開始 9:56 #87洗浄開始 10:01 #88洗浄開始	内胴のプラスマ切断と、グラインダーにより洗浄が完了した伝熱管から随時平行して解体作業を実施。	

[伝熱管内面の洗浄・管束内胴の切断]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/20	伝熱管内面洗浄 10:06 #89洗浄開始 10:43 #90洗浄開始 10:48 #91洗浄開始 10:53 #92洗浄開始 10:58 #93洗浄開始 11:03 #94洗浄開始 11:08 #95洗浄開始 11:13 #96洗浄開始 11:18 #97洗浄開始 11:22 #98洗浄開始 11:27 #99洗浄開始 11:32 #100洗浄開始 13:37 #101洗浄開始 13:07 #102洗浄開始 13:13 #103洗浄開始 13:18 #104洗浄開始	Total実績=2044/2044本 <u>Na処理量=1.3kg</u>	
	伝熱管内面洗浄終了		
13:27 ～ 14:00	下降管、ドレン管洗浄	洗浄装置1台で管内部の蒸気、水洗浄	
16:00	管束中部内胴解体終了		
16:15	カバー部内胴解体開始	プラズマ切断による、カバー部内胴の解体。	
17:00	作業終了		伝熱管切断実績（グラインダーのみ） =387本
11/21	9:03 カバー部内胴解体開始 10:00 カバー部内胴解体中断 10:30 14:00 17:00 作業終了	11/20の作業の継続 プラズマによる伝熱管切断開始。 アセチレンによる伝熱管切断開始。	

[管束内胴の切断、伝熱管切断]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/25 8:55	作業開始 上部管板-伝熱管の切断開始	伝熱管-下部管板切り離し。管束中間部伝熱管切断・洗浄・廃棄。 伝熱管-上部管板切り離し、廃棄。	ガーベス部の下降管の2重管入り口付近に大量の炭酸Na残存有り。固化しており、洗浄が困難。
15:10	管束-熱遮蔽板の切り離し、廃棄処分		
17:00	作業終了		
11/26 8:55	作業開始	管束中間部伝熱管切断・洗浄・廃棄。伝熱管-上部管板切り離し、廃棄。伝熱管水洗浄	
10:50	2次系Na入口配管切断完了	上部管板フランジ、スクラップのため分断。	
11:10	ガーベス内胴切断再開		
15:00	管束中部伝熱管切断終了		
17:00	作業終了		
11/27 8:50	伝熱管-上部管板部切断	管束中間部伝熱管切り離し・洗浄・廃棄。伝熱管-上部管板切り離し。伝熱管・下降管水洗浄。もんじゅ向材料試験片の採取。	
11:10	上部管板フランジ 切断終了		
13:10	管束中部下降管切断開始		
14:10	管束中部切断、切り離し完了		
15:10	もんじゅ展示用伝熱管採取		
17:00	作業終了		

[管束内胴の切断、伝熱管切断～外胴撤去準備]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
11/28 8:50	作業開始 20tonクレーン設置準備	カバーガス部・管束中間部・フランジ部のスクラップ置き場への搬送。 保管用架台搬入（コールドトラップ等）。	
9:10	管束中間部、フランジ、カバーガスの搬出準備	IHX解体架台撤去・搬出。	
10:30	コールドトラップ、NaP用架台搬入		
11:10	カバーガスのスクラップ置き場搬出		
13:05	管束中間部、フランジのスクラップ置き場搬出		
14:30	作業終了		
12/1 8:40	作業開始	吊り具製作・取付準備。開口部養生用足場解体。Arガス供給配管切り替え。外胴固定ボルト・ナット撤去。	
15:30	作業終了		
12/2 8:40	作業開始	<ul style="list-style-type: none"> ・ジャッキアップ用架台溶接部はつり ・5F仮設足場解体 ・ヒータ固定用ボルトはつり ・4Fケーリング撤去、仮設手摺設置 	
15:30	作業終了	<ul style="list-style-type: none"> ・Na処理室レール手直し ・外胴吊りピース取付 	
12/3 8:40	作業開始	<ul style="list-style-type: none"> ・ジャッキアップ用架台溶接去 ・撤去品搬出・輸送 ・吊り具セット・仮吊り ・開口部閉止部材搬入 ・ロードセル搬出 	
15:30	作業終了		

[外胴撤去準備～洗浄のための外胴切断]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
12/4 9:00	IHX外胴輸送架台搬入		
9:05	外胴吊り具取付		
9:10	外胴吊り上げ、下ろし開始		
9:40	O2濃度測定	上部=0%、下部=0.7%	輸送中のO2濃度の上昇は見られなかった。
9:50	外胴横倒し開始	建屋クレーンと35tonクレーンによる共吊りで横倒し。	
10:10	" 完了		
10:40	Na処理室への輸送開始		
10:45	" 到着		
11:15	レール上への外胴の吊り下ろし		
11:20	外胴のNa処室への引き込み開始	Na処理室クレーンを利用し引き込みを行う。	
11:50	" 完了		
13:00	IHX撤去後の開口部養生		
17:00	作業終了、保管措置	外胴にN2を供給し夜間の保管措置。	
12/5 8:50	作業開始		
9:10	外胴切断開始	IHX外胴中間部付近から、ブリスケットにて切断。	
13:30	" 完了 外胴下部脚取付	IHXを2分割後の転倒防止用として、脚を取り付け。	
14:00	外胴上部脚取付 外胴上、下部ドレン孔穴開け		

[外胴Na洗浄]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
12/5 14:30	Na掻き取り	ヘラ等により、Na、炭酸Naを掻き出し。 <u>掻き出しNa量=9.7kg</u>	カバーガス部は殆どNaが炭酸安定化しており発火は殆ど無かった。Naは、IHX下部の鏡板底に液的状に残留しているものが殆どで、量的には100g程度であった。
16:00	外胴スチーム洗浄開始	切断した上部及び下部IHX外胴を洗浄装置各1台を使用し同時に洗浄を行った。	洗浄による、Na/水反応は殆ど無く、多少の火花が発生する程度であった。
16:40	上部外胴スチーム洗浄終了、水洗浄開始		
17:05	" 水洗浄終了		
17:25	下部外胴スチーム洗浄終了、水洗浄開始		
17:30	" 水洗浄終了		
12/8 8:50	作業開始 IHX外胴スクラップのための細断開始	アラブマにより、3.5m以下のサイズで切断。	
17:00	作業終了	上部フランジ～スカートまで切断完了	

[外胴切断・スクラップ]

日 時	作業項目	作業内容	備 考
12/9 8:50	作業開始 IHX外胴スクラップ のための 細断開始	12/8作業継続 スカートを1/2に分割まで完了 解体・洗浄用架台分解 IHX引き込み用レール撤去	
17:00	作業終了		
12/10 8:50	作業開始 IHX外胴スクラップ のための 細断開始	スカート～外胴まで切断完了 解体・洗浄用架台分解 IHX引き込み用レール撤去	
17:00	作業終了		

付録－3

炭酸安定化作業記録

中間熱交換器付着Naの安定化処理要領書

操作事項	注意事項
1. 安定化処理前安全対策 <ul style="list-style-type: none"> (1) Na室シャッターを全開にする。 (2) Na室換気ファンを運転する。 	
2. 中間熱交換器内ガス放出 <ul style="list-style-type: none"> (1)以下の弁が「閉」であることを確認する ・V-1　・V-2　・V-3　・GV-4 (2)以下の弁を「開」にする。 ・V-1　・V-2 (3)P-1の圧力指示がほぼ大気圧となったら V-1を「閉」にする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・酸素濃度計をIHXの真下(1F)に設置し監視する。(真空引き終了まで実施)
3. 真空引き <ul style="list-style-type: none"> (1)真空ホースをガス放出ノズルに接続する。 (2)真空ポンプ電源を「ON」にする。 (3)V-1を「開」にする。 (4)P-1の圧力指示が-1kg/cm²になったら V-1を「閉」にしP-1の圧力指示が変わらないことを確認する。 (5)V-2を「閉」にし真空ポンプ電源を「OFF」にする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・図-1の中間熱交換器ガス系接続図参照
4. 炭酸ガス注入 <ul style="list-style-type: none"> (1)炭酸ガスボンベの元弁を「開」にする。 (2)GV-4を0.8kg/cm²に調整する。 (3)V-1を「適開」にする。 (4)P-1の圧力指示が0.2kg/cm²になったら V-1を「閉」にする。 (5)GV-4を「閉」にする。 	
5. 圧力監視 <ul style="list-style-type: none"> (1)P-1の圧力指示が0.1kg/cm²以下に低下したらGV-4を0.8kg/cm²に調整しV-1を「適開」にする。 (2)P-1の圧力指示が0.2kg/cm²になったら V-1およびGV-04を「閉」にする。 (3)圧力降下が有る場合(1)(2)の操作を実施する。 (4)圧力降下が無い場合は炭酸ガスボンベの元弁を「閉」にする。 	

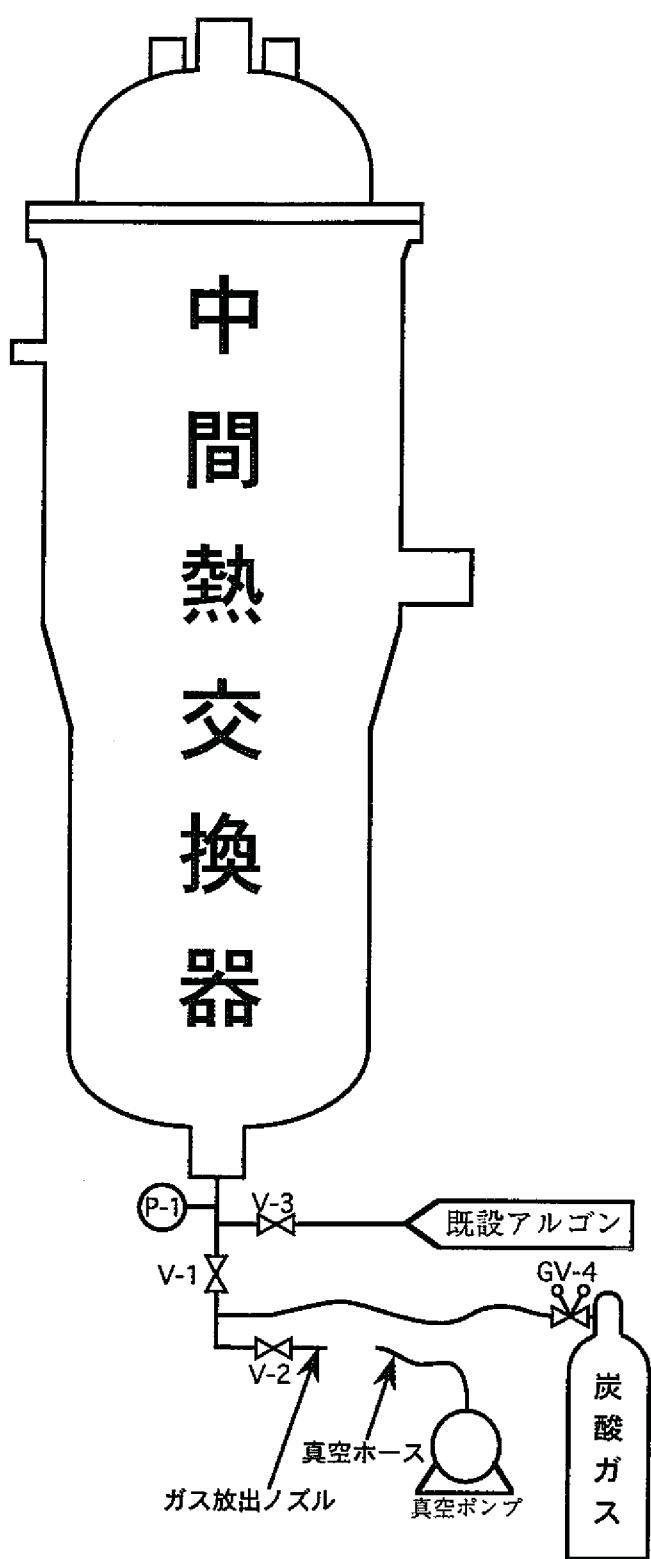


図-1 中間熱交換器ガス系接続図

中間熱交換器の炭酸ガス安定化処理作業履歴

日時	操作内容	指示値
H9 3/10 10:10	Na室シャッター開	
10:15	Na室換気扇起動	
10:17	1Fの酸素濃度測定開始	酸素濃度21%
10:18	ガス放出開始	IHX圧力0.8Kg/cm ² g
10:30	ガス放出停止	IHX圧力0.3Kg/cm ² g
10:35	真空引き開始	
15:30	" 停止(真空ポンプオイル加熱のため)	IHX圧力-59cmHg
15:33	酸素濃度計停止	酸素濃度21%
15:40	Na室シャッター閉	
15:42	Na室換気扇停止	
<hr/>		
H9 3/11 8:45	Na室シャッター開	
8:48	Na室換気扇起動	
8:50	酸素濃度計測定開始	酸素濃度21%
8:51	真空引き開始	IHX圧力-59cmHg
12:00	" 停止(真空ポンプオイル加熱のため)	IHX圧力-68cmHg
13:50	" 開始	
15:10	" 停止(真空ポンプオイル加熱のため)	IHX圧力-70cmHg
15:11	酸素濃度計停止	酸素濃度21%
15:12	炭酸ガス注入開始	
16:23	" 終了	IHX圧力-35cmHg
16:24	炭酸ガスポンベ交換	
16:32	" 開始	
17:45	" 終了	IHX圧力0.03Kg/cm ² g
17:50	Na室シャッター閉	
17:52	Na室換気扇停止	
<hr/>		
H9 3/12 8:05	炭酸ガス注入開始	IHX圧力-25cmHg
8:35	" 停止	IHX圧力-10cmHg
9:40	" 開始	
10:10	" 停止	IHX圧力0.03Kg/cm ² g
10:12	炭酸ガスポンベ交換	
10:25	" 開始	
11:22	" 停止	IHX圧力0.35Kg/cm ² g
16:45		IHX圧力0.31Kg/cm ² g
<hr/>		
H9 3/13 8:50		IHX圧力0.3Kg/cm ² g
<hr/>		
H9 3/14 8:50		IHX圧力0.3Kg/cm ² g
<hr/>		
H9 3/17 8:50		IHX圧力0.28Kg/cm ² g
<hr/>		