

# 「常陽」 MK-III 冷却系改造工事

— 2 次冷却系撤去機器の解体・ナトリウム洗浄作業 —

( 技 術 報 告 )

2002年11月

核燃料サイクル開発機構  
大洗工学センター

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村松4番地4 9

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)

2002

「常陽」 MK-III 冷却系改造工事  
— 2 次冷却系撤去機器の解体・ナトリウム洗浄作業—  
(技術報告)

石井 貴之<sup>\*1</sup>、磯崎 和則<sup>\*2</sup>、芦田 貴志<sup>\*2</sup>、皆川 曜<sup>\*3</sup>  
寺門 嗣夫<sup>\*3</sup>、野上 浩<sup>\*5</sup>、加倉井 克洋<sup>\*5</sup>、植田 宗嗣<sup>\*6</sup>  
川原 啓孝<sup>\*2</sup>、市毛 聰<sup>\*2</sup>、坂場 秀男<sup>\*2</sup>、小澤 健二<sup>\*4</sup>

### 要 旨

高速実験炉「常陽」では、照射能力の高度化に向けたプロジェクト（MK-III）を進めている。MK-III計画は、炉心の高速中性子束を高める、照射運転時間を増やす、照射技術を向上させることを目的としているが、炉心の中性子束を高めることで熱出力がMK-II炉心の 100MWt から 140MWt に増大する。MK-III冷却系改造工事は、その除熱能力を高めるため、原子炉冷却系機器のうち、主中間熱交換器及び主冷却機をはじめとした原子炉冷却系機器を交換する工事である。このうち、1 次冷却系では主中間熱交換器を既設の 50MWt/基から 70MWt/基、2 次冷却系では主冷却器を既設の 25MWt/基から 35MWt/基に交換した。これらの工事は、平成 12 年 10 月 30 日から平成 13 年 9 月 21 日の間に実施し、無事工事を終了することができた。

本報告書は、これらの工事で撤去された機器のうち、非放射性ナトリウムの付着した主冷却器、主冷却器接続配管、主中間熱交換器 2 次側接続配管をはじめとしたナトリウム機器の解体・洗浄及び主送風機等をはじめとした非ナトリウム機器の解体に係る方法、結果及び安全対策等についてまとめたものである。

2 次冷却系撤去機器の解体・ナトリウム洗浄作業は、ほぼ計画通りの方法にて安全、かつ、効率的に作業を行うことができ、処理したナトリウム量は、約 13.5kg であった。

---

\*1 : 実験炉部原子炉第二課（現在 東海事業所再処理センター環境保全部処理第一課）

\*2 : 実験炉部原子炉第二課

\*3 : 実験炉部原子炉第二課（現在 実験炉部原子炉第一課）

\*4 : 実験炉部原子炉第二課（現在 実験炉部）

\*5 : 東興機械工業株式会社

\*6 : 検査開発株式会社

**MK-III Modification Work of Heat Transport System in JOYO**  
—Dismantling and Sodium Cleaning of Secondary Cooling System Components—  
(Technical Report)

Takayuki Ishii<sup>\*1</sup>、Kazunori Isozaki<sup>\*2</sup>、Takashi Ashida<sup>\*2</sup>、Satoru Minagawa<sup>\*3</sup>  
Tsuguo Terakado<sup>\*3</sup>、Hiroshi Nogami<sup>\*5</sup>、Katsuhiro Kakurai<sup>\*5</sup>、Soji Ueda<sup>\*6</sup>  
Hirotaka Kawahara<sup>\*2</sup>、Satoshi Ichige<sup>\*2</sup>、Hideo Sakaba<sup>\*2</sup>、Kenji Ozawa<sup>\*4</sup>

**Abstract**

The MK-III project has been proceeding to improve the irradiation capability of the experimental fast reactor JOYO. The MK-III project has three major purposes such as increase high neutron flux, improvement of plant availability factor and upgrading in irradiation techniques. Thermal output by core transformation for high neutron flux was increased from 100MWt to 140MWt. The main components in the cooling system such as IHX(Intermediate Heat Exchanger) and DHX(Dump Heat Exchanger) were replaced in MK-III modification in order to increase heat removal capability. Heat transfer capacity of IHX was increased from 50MWt/Unit to 70MWt/Unit and that of DHX was increased from 25MWt/Unit to 35MWt/Unit. These components replacement has been safely completed from October 30, 2000 through September 21, 2001.

This report summarizes the way, results and safety measures about dismantling of no sodium adhered components and such as DHX blower and sodium cleaning of sodium components such as the DHX, the pipes connected with DHX and secondary side of IHX.

Dismantling and sodium cleaning of secondary cooling system components were performed safely and efficiently as almost planned. The total amount of removed sodium was about 13.5kg.

---

\*1 : Maintenance Engineering Section, Experimental Reactor Division (At present : Aqueous Waste Treatment Section, Waste Management Division, Tokai Works)

\*2 : Maintenance Engineering Section, Experimental Reactor Division

\*3 : Maintenance Engineering Section, Experimental Reactor Division (At present : Operation Engineering Section, Experimental Reactor Division)

\*4 : Maintenance Engineering Section, Experimental Reactor Division (At present : Experimental Reactor Division)

\*5 : Toko Kikai Kougyou Company

\*6 : Inspection Development Company

## 目 次

1. はじめに -----	1
2. 解体機器及び作業の概要 -----	2
2.1 ナトリウム機器 -----	2
2.2 非ナトリウム機器 -----	2
2.3 解体・ナトリウム洗浄作業の概要 -----	3
3. 作業工程 -----	4
4. 作業の安全管理 -----	5
4.1 解体・ナトリウム洗浄エリアの床面養生 -----	5
4.2 火災防止対策 -----	5
4.3 一般安全対策 -----	5
4.4 作業体制 -----	7
5. ナトリウム機器の解体・ナトリウム洗浄作業 -----	8
5.1 主冷却器 -----	8
5.2 主冷却器接続配管 -----	9
5.3 主中間熱交換器 2 次側接続配管 -----	11
5.4 2 次冷却系プラギング計ユニット -----	13
6. 非ナトリウム機器の解体作業 -----	15
7. ナトリウム洗浄・燃焼作業における評価 -----	16
7.1 作業前におけるトリチウム量の推定と作業時における管理 -----	16
7.2 作業中におけるトリチウム分析 -----	19
8. 考 察 -----	21
9. おわりに -----	23
10. 謝 辞 -----	24
11. 参考文献 -----	25

## 表リスト

表 2.1-1 解体・ナトリウム洗浄を行った 2 次冷却系ナトリウム機器の主要目	26
表 2.1-2 2 次冷却系ナトリウム機器のナトリウム付着量推定値	27~29
表 2.2-1 解体を行った 2 次冷却系非ナトリウム機器の主要目	30
表 3-1 2 次系撤去機器の解体・ナトリウム洗浄作業工程	31~32
表 7.1-1 「常陽」 2 次系カバーガス（アルゴンガス） 及びナトリウム中のトリチウム分析結果	33
表 7.2-1 解体・ナトリウム洗浄までの保管中におけるトリチウム濃度測定結果	34
表 7.2-2 解体、ナトリウム洗浄及び燃焼作業中における 作業雰囲気のトリチウム濃度測定結果	35~36
表 7.2-3 ナトリウム洗浄廃液中のトリチウム濃度測定結果	37

## 図リスト

図 2.1-1 主冷却器の構造図	38
図 2.1-2 主冷却器入口側接続配管の配置図	39
図 2.1-3 主冷却器出口側接続配管の配置図	40
図 2.2-1 主送風機設備の概略図	41
図 2.2-2 主送風機の構造図	42
図 2.2-3 入口ダンバの構造図	43
図 2.2-4 出口ダンバの構造図	44
図 2.2-5 入口ダクトの構造図	45
図 2.2-6 出口ダクトの構造図	46
図 2.2-7 入口ダクト用伸縮継手の構造図	47
図 2.2-8 出口ダクト用伸縮継手の構造図	48
図 4.1-1 ナトリウム処理室の構造図	49～50
図 4.4-1 2次系撤去機器の解体・ナトリウム洗浄作業の作業体制	51
図 5-1 ナトリウム洗浄処理の全体作業フロー	52
図 5.1-1 主冷却器伝熱管の解体手順及びナトリウム洗浄前処理	53
図 5.2-1 主冷却器入口側接続配管のナトリウム付着部位、 サーベイランス材取り出し及び切断位置	54
図 5.2-2 主冷却器出口側接続配管のナトリウム付着部位、 サーベイランス材取り出し及び切断位置	55
図 5.3-1 主中間熱交換器 2次側接続配管のナトリウム付着部位と切断位置	56
図 5.3-2 主中間熱交換器 2次側接続配管のサーベイランス取り出し位置	57
図 5.3-3 主中間熱交換器 2次側接続配管（2次ナトリウム充填ドレン系配管） のナトリウム付着部位及び切断位置	58
図 5.3-4 主中間熱交換器（A）2次側出口接続配管の構造と残留ナトリウム状況	59
図 5.4-1 2次冷却系プラギング計ユニットのナトリウム付着部位及び切断位置	60
図 7.1-1 飽和蒸気密度の曲線	61
図 7.1-2 水蒸気と加熱窒素ガス混合比及び混合ガス中の飽和温度	62
図 7.1-3 ナトリウムの燃焼速度	63

## 写真リスト

写真 5.1-1	主冷却器集合管の解体・ナトリウム洗浄の流れ	64
写真 5.1-2	主冷却器の解体・ナトリウム洗浄作業	65～69
写真 5.2-1	主冷却器接続配管の解体・ナトリウム洗浄の流れ	70
写真 5.2-2	主冷却器接続配管の解体・ナトリウム洗浄作業	71～72
写真 5.3-1	主中間熱交換器 2次側接続配管の解体・ナトリウム洗浄作業	73～74
写真 5.4-1	2次冷却系プラギング計ユニットの解体・ナトリウム洗浄作業	75～76
写真 6-1	非ナトリウム機器の解体作業	77～78

## 1. はじめに

高速実験炉「常陽」では、照射能力の高度化に向けたMK-IIIプロジェクトを進めている。MK-III計画は、炉心の高速中性子束を高める、照射運転時間を増やす、照射技術を向上させることを目的としているが、炉心の中性子束を高めることで熱出力がMK-II炉心の 100MWt から 140MWt に増大する。MK-III冷却系改造工事は、その除熱能力を高めるため、主中間熱交換器及び主冷却機をはじめとした原子炉冷却系機器を交換する工事であり、平成 12 年 10 月 30 日から平成 13 年 9 月 21 日の間に実施し、ほぼ計画通り工事を完了した。

このうち、1 次冷却系では主中間熱交換器を既設の 50MWt/基から 70MWt/基、2 次冷却系では主冷却器を既設の 25MWt/基から 35MWt/基に交換した。また、2 次冷却系プラギング計については、機器の老朽化対策の観点から、MK-III冷却系改造工事時期と並行して交換工事を実施した。

工事で撤去された機器のうち、ナトリウムの付着した主冷却器、主冷却器接続配管、主中間熱交換器 2 次側接続配管をはじめとしたナトリウム機器は、大洗工学センター内の第二ナトリウム処理室において、解体・ナトリウム洗浄を実施した後、サーベイランス材を除きスクラップとして処分した。また、主送風機等の非ナトリウム機器は、解体した後スクラップとして処分した。

本報告書は、上記解体・ナトリウム洗浄作業についてまとめたものである。

## 2. 解体機器及び作業の概要

### 2.1 ナトリウム機器

表 2.1-1 に解体・ナトリウム洗浄を行った 2 次冷却系ナトリウム機器の主要目を示す。また、表 2.1-2 に 2 次冷却系ナトリウム機器のナトリウム付着量推定値を示す。なお、ナトリウム付着量推定値は、研究開発施設の解体結果<sup>(1),(2)</sup>に基づき算出している。

- |                              |           |
|------------------------------|-----------|
| (1) 主冷却器                     | 解体・洗浄：4 基 |
| 図 2.1-1 に主冷却器の構造図を示す。        |           |
| (2) 主冷却器入口側接続配管              | 解体・洗浄：4 式 |
| 図 2.1-2 に主冷却器入口側接続配管の配置図を示す。 |           |
| (3) 主冷却器出口側接続配管              | 解体・洗浄：4 式 |
| 図 2.1-3 に主冷却器出口側接続配管の配置図を示す。 |           |
| (4) 主冷却器出入口配管（温度計ウェル部）       | 解体・洗浄：2 式 |
| 図 2.1-2 及び図 2.1-3 に配置図を示す。   |           |
| (5) 2 次ナトリウム純化系プラギング計ユニット    | 解体・洗浄：1 基 |
| (6) 2 次補助系プラギング計ユニット         | 解体・洗浄：1 基 |
| (7) 主中間熱交換器 2 次系入口側接続配管      | 解体・洗浄：2 式 |
| (8) 主中間熱交換器 2 次系出口側接続配管      | 解体・洗浄：2 式 |
| (9) 2 次ナトリウム充填ドレン系配管         | 解体・洗浄：2 式 |

### 2.2 非ナトリウム機器

表 2.2-1 に解体を行った 2 次冷却系非ナトリウム機器の主要目を示す。

- |  |        |
|--|--------|
| (1) 主送風機   | 解体：4 基 |
| 図 2.2-1 に主送風機設備の概略図を示す。図 2.2-2 に主送風機の構造図を示す。           |        |
| (2) 出入口ダンパ   | 解体：4 式 |
| 図 2.2-3 に入口ダンパの構造図を示す。図 2.2-4 に出口ダンパの構造図を示す。           |        |
| (3) 出入口ダクト   | 解体：4 式 |
| 図 2.2-5 に入口ダクトの構造図を示す。図 2.2-6 に出口ダクトの構造図を示す。           |        |
| (4) 出入口ダクト用伸縮継手  | 解体：4 式 |
| 図 2.2-7 に入口ダクト用伸縮継手の構造図を示す。図 2.2-8 に出口ダクト用伸縮継手の構造図を示す。 |        |

### 2.3 解体・ナトリウム洗浄作業の概要

主冷却器、主冷却器出入口接続配管、2次冷却系プラギング計ユニット、主中間熱交換器2次側接続配管のナトリウム機器については、クレーン車、トレーラ等を用いて第二ナトリウム処理室へ搬入した。その後、洗浄可能な長さにするため、バンドソー、プラズマ切断機等を用いて、口径3B以上の配管については、直管部を2m程度、曲管部を0.5m程度の長さを目安に切断を行った。また、1/2Bの小口径配管については、直管部を0.5m程度、曲管部を0.1m程度の長さを目安に切断を行った。なお、主冷却器の出入口集合管は、直管部を1m程度、ティー部を0.2m程度の長さを目安に切断を行い、伝熱管は、直管部を2.5m程度、曲管部を2分割に切断を行った。

切断した機器・配管は、ナトリウムの付着状況に応じて燃焼処理または洗浄装置を用いた蒸気洗浄を行い、最後に水に浸漬させ処理した。蒸気洗浄した配管等は、最終的に水洗浄を行ってナトリウム－水反応が無くなった事を確認した後、サーベイランス材を除きスクラップ置場へ搬出した。

主送風機、出入口ダンパ、ダクト等の非ナトリウム機器については、50MW蒸気発生器試験施設跡地において、ガス溶断機等を用いて廃棄処分できる2m程度に切断し、スクラップ置場へ搬出した。

### 3. 作業工程

表 3-1 に 2 次系撤去機器の解体・ナトリウム洗浄作業工程を示す。

2 次系撤去機器の解体・ナトリウム洗浄作業は、最初に第二ナトリウム処理室で主中間熱交換器 2 次側接続配管、2 次冷却系プラギング計ユニットの解体・ナトリウム洗浄作業を平成 13 年 2 月 16 日から 3 月 1 日の間に実施した。

ナトリウム機器の解体は、第二ナトリウム処理室で実施したが、ナトリウム処理室の定期点検時期と主冷却器の搬出時期とが重なったため、第二ナトリウム処理室の洗浄エリア手前を定期点検作業エリアとして空けておく必要があったことから、最初に解体する主冷却器（2B）を平成 13 年 3 月 8 日に第二ナトリウム処理室の室内奥側まで搬入して保管した。その後、第二ナトリウム処理室の定期点検（平成 13 年 3 月 8 日～3 月 30 日）が実施され、定期点検完了後、主冷却器の解体・ナトリウム洗浄を平成 13 年 4 月 2 日～5 月 31 日にかけて実施した。主冷却器出入口接続配管の解体・ナトリウム洗浄は、定期点検の合間である平成 13 年 3 月 26、27 日に実施した。なお、出入口接続配管の分岐前、合流後の温度計ウェル部の単管については、切断撤去時にあわせて平成 13 年 5 月 18 日に A 側、平成 13 年 7 月 10 日に B 側をそれぞれ処理した。

主冷却器及び主冷却器接続配管に係る解体・ナトリウム洗浄作業は、主冷却器の系統からの撤去作業の工程にあわせて主冷却機建家から最後に撤去・搬出される主冷却器（2B）を第二ナトリウム処理室にジャストインで搬入し、2B より解体・ナトリウム洗浄を実施し、その後、主冷却器保管庫に保管しておいた他の 3 基を順次（2A、1B、1A）第二ナトリウム処理室に搬入し、解体・ナトリウム洗浄を実施した。主冷却器は、平成 13 年 1 月 30 日に 2A、平成 13 年 1 月 31 日に 1A、平成 13 年 3 月 6 日に 2B、平成 13 年 3 月 7 日に 1B を主冷却機建家より搬出し、2B 以外は主冷却器保管庫へ一時保管した。

## 4. 作業の安全管理

### 4.1 解体・ナトリウム洗浄エリアの床面養生

2次系撤去機器の解体・ナトリウム洗浄作業に使用した第二ナトリウム処理室は、サイクル機構大洗工学センター内に設置されたナトリウム処理を行う施設で危険物一般取扱所及び地下タンク貯蔵所に指定されている。

図4.1-1に第二ナトリウム処理室の構造図を示す。

第二ナトリウム処理室は、室内奥側が洗浄エリアとなっており、その床の一部は、蒸気洗浄した際の洗浄廃液を排水中和槽に導くため、グレーチング構造となっている。主冷却器は、解体エリアを確保するため、主冷却器を第二ナトリウム処理室の室内奥側まで引き込む必要があり、主冷却器の一部がグレーチング部にかかることから、グレーチング上に鉄板を敷き詰めて作業を実施した。

### 4.2 火災防止対策

主冷却器等の解体・ナトリウム洗浄にあたっては、第二ナトリウム処理室に配備されているABC消火器、ナトレックス消火器を作業エリアに配置するとともに、近くに可燃物を置かないことを厳守して作業を行った。また、ナトリウム火災時には、ABC消火器の使用を禁止することを徹底した。

ナトリウムが付着していない主送風機、ダンパ、ダクト等は、50MW蒸気発生器試験施設跡地で解体を行った。解体の際には、ガス溶断機等を使用することから、作業エリアの床面に鉄板を敷き、切断部位の周囲を防火シートで覆って作業を行った。作業エリアまで水道ホースを敷設し、作業後に散水を行うとともに、火気使用終了後は、発煙・発火が無いことを確認するため、30分間の監視時間を設定し、作業を行った。

主冷却器保管庫は、撤去した主冷却器4基のうち3基を解体・ナトリウム洗浄するまでの間、一時保管するための危険物貯蔵所3棟（1棟は危険物貯蔵所、2棟は少量危険物貯蔵所）で、ナトレックス消火器を必要数配置した。

### 4.3 一般安全対策

#### (1) ナトリウムが付着していない機器

主送風機、ダンパ、ダクト等は、50MW蒸気発生器試験施設跡地で解体を行った。解体は、ガス溶断機等の火気を使用することから、作業場所から可燃物を隔離し、ABC消火器

を設置、監視人を配置するとともに、作業エリアの床面に鉄板を敷き、切断部位の周囲を防火シートで覆って実施した。なお、ガス溶断作業に用いるボンベ（酸素・アセチレン）及び付属設備（減圧弁等）は、作業開始前に漏洩チェックを行うとともに、使用前にサイクル機構担当者の溶断チェックシートによる器具のチェックを行った。

また、粉塵の発生する作業においては、防塵マスク、保護メガネの着用を徹底し作業を実施した。

## (2) ナトリウム機器

ナトリウム機器の解体・ナトリウム洗浄作業は、第二ナトリウム処理室で実施し、作業中ナトリウム取扱区域や廃棄物仮置場等を区画するため、ロープ等で縄張りを行うとともに、立入り禁止区域等の明確な表示を行った。

切断作業は、作業手順、サポート状況を確認するとともに、切断箇所をマーキングし、切断箇所を確認した上で開始した。作業は、第3類危険物取扱者免状を有すものの指示の下に実施し、ナトリウム取扱作業時は、軽装備防護具（耐熱エプロン前掛、半長靴、革手袋及びシールド面付ヘルメット）を装着して、解体・ナトリウム洗浄及び燃焼処理作業を行った。

配管類の切断は、バンドソー、チップソー、プラズマ切断機等を使用した。特にガス溶断機等に関しては、作業開始前のチェックと使用前にサイクル機構担当者の溶断チェックシートによる器具のチェックを行い、切断箇所の廻りにはナトレックス消火器を常備した。また、請負業者の現場責任者もしくは現場分任責任者及びサイクル機構担当者が常に現場作業の監視にあたり、安全、かつ、適切に行われていることを確認しながら作業を実施した。

配管切断時には、配管の一部をチェーンブロック等で固定し、切断完了時の落下防止を図った。また、切断した配管には、必要に応じて次の作業工程に入るまで、プラスチック閉止キャップ等を用いて閉止処置を講じ残留ナトリウムと大気との接触を抑制した。

切断は、切断箇所の下部に金属製のバットを置き、防炎シート等にて養生した上で行い、切断したナトリウム配管には、ナトリウム洗浄処理作業が円滑に行われるよう、切断後にナトリウムの付着状況を示すため、ビニールテープ等を用いて完全閉塞を赤色、中間閉塞を赤白色、薄膜状付着を白色によって表示した。

ナトリウムの燃焼処理は、燃焼処理室内に燃焼用受け皿を置き、その上に対象機器を置いて実施した。受け皿及び金属棒の水分を加熱等により取り除いた後、ガスバーナーにて機器付着ナトリウムを溶解させ、受け皿上に溶解したナトリウムをガスバーナーで燃焼さ

せ、金属棒で攪拌しナトリウムを完全に燃焼させた。ナトリウム燃焼処理中は、多量の白煙が発生するため、防塵マスクを着用し、排煙処理装置による排煙を行いながら作業を実施した。全ての燃焼処理が終了後、燃焼室内的シャワー設備により受け皿の水洗浄を行った。

水蒸気洗浄処理は、先端ノズルから水滴が無くなるまで水蒸気による暖気運転を行い、窒素ガスと蒸気の混合割合が適正になるように調整した。グレーチング上には、洗浄処理対象機器を置き、水蒸気の凝縮による水滴付着を回避するため、洗浄処理対象機器の外表面から昇温を兼ねた洗浄を行い、その後ナトリウムの反応を注意しつつ混合蒸気を洗浄処理対象機器の内部に噴射した。また、定期的に水蒸気洗浄を中断し残留ナトリウムの有無を確認し、洗浄完了後、水蒸気により洗浄区域周辺へのナトリウム飛散を考慮して散水処理を行った。

#### 4.4 作業体制

MK-III改理工事実施工部の下に、2次系撤去機器の解体・ナトリウム洗浄作業チームを編成し、作業にあたった。

図4.4-1に2次系撤去機器の解体・ナトリウム洗浄作業の作業体制を示す。

## 5. ナトリウム機器の解体・ナトリウム洗浄作業

図 5-1 にナトリウム洗浄処理の全体作業フローを示す。

### 5.1 主冷却器

図 5.1-1 に主冷却器伝熱管の解体手順及びナトリウム洗浄前処理を示す。

写真 5.1-1 に主冷却器集合管の解体・ナトリウム洗浄の流れを示す。写真 5.1-2 (1/5) ~ (5/5) に主冷却器の解体・ナトリウム洗浄作業を示す。

主冷却器（4 基）の解体作業は、第二ナトリウム処理室にて実施し、最初に主冷却器側板の撤去を行い、その後サーベイランス材を採取する配管に傷を付けないように、伝熱管（外径 42.7mm × フィン付き部長さ約 4,800mm）、入口集合管（外径 318.5mm × 長さ約 3,500mm）、出口集合管（外径 318.5mm × 長さ約 3,500mm）、ドレン管（外径 13.8mm × 長さ約 800mm）を、ガス溶断機、バンドソー及びチップソーを用いて慎重に切断作業を実施した。

伝熱管（計 80 本）直管部は、写真 5.1-2 (2/5) ~ (3/5) に示すように出入口集合管側からチップソーにて 1 本当り 10 個程度に切断し、U 字管部は U 字型の中央部で切断し、天井クレーンを使い 5 個程度を燃焼処理室に搬入し、写真 5.1-2 (4/5) に示すように高速カッターで約 0.5m に細断した。なお、出入口集合管側との切断部については、処理するまでビニールキャップにて閉止した。ナトリウム処理は、ナトリウム付着状況に応じて、燃焼処理するものと蒸気洗浄処理するものに分けて実施した。伝熱管内面は、ほとんどナトリウムがない状態であったが、出入口集合管との溶接継手部近傍で 1mm 程度のナトリウムが残留している部分があった。燃焼処理するため、受け皿に伝熱管を置き、ガスバーナーにて残留ナトリウムを加熱し、ナトリウムを溶解させた。受け皿に溶出したナトリウムは、ガスバーナーで再度加熱し、金属棒で反応が無くなるまで攪拌して燃焼させた。その後、受け皿は、シャワー水洗浄及び水浸漬処理を行った。

ナトリウム溶解処理を行った伝熱管とナトリウムの付着が薄膜状の伝熱管については、蒸気と窒素ガスを混合して使用する蒸気洗浄を実施した。蒸気洗浄終了後、水洗浄及び水浸漬処理を行ってから屋外にて乾燥し、サーベイランス材を採取する伝熱管を除きスクラップとした。なお、主冷却器の架構は、第二ナトリウム処理室から搬出し、50MW 蒸気発生器試験施設跡地にて解体した。

出入口集合管については、燃焼処理室にて伝熱管のビニールキャップを外した後、写真 5.1-2 (3/5) ~ (4/5) に示すようにプラズマ切断機を用いて切断を行った。ナトリウムの付着

は、配管底部から 3mm～10mm 程度あったため、燃焼処理を行った。燃焼処理は、サーベイランス材を採取する部分を除きガスバーナーで加熱し、溶解したナトリウムを搔き出し治具により受け皿上に集め燃焼させた。出入口集合管は、燃焼処理後、蒸気洗浄、水洗浄を行い屋外にて乾燥し、サーベイランス材として用いる部分を除きスクラップとした。

主冷却器（本体）の解体・ナトリウム洗浄作業において処理したナトリウム量の推定値は、以下のとおりである。

主冷却器 1A（本体）	： 約 1.2kg
主冷却器 2A（本体）	： 約 1.2kg
主冷却器 1B（本体）	： 約 0.9kg
主冷却器 2B（本体）	： 約 1.2kg
合 計	： 約 4.5kg

解体・ナトリウム洗浄作業を計画した段階における主冷却器の残留ナトリウム量は、50MW 蒸気発生器試験施設補助冷却装置の解体撤去工事等<sup>(1),(2)</sup>の実績を参考に、1基あたり 3kg（ほとんどが出入口集合管に残留）で合計 12kg と推定していたが、いずれの主冷却器も推定値よりも少ない合計約 4.5kg であった。なお、付着していたナトリウム量については、搔き集めた形状からナトリウム量を目測して判断した値である。また、主冷却器以外の機器・配管についても同様である。

解体・ナトリウム洗浄作業時に伝熱管内面を観察した結果、伝熱管はほぼ綺麗にドレンされていたことを考慮すると、そのほとんどが主冷却器の出入口集合管に付着していたものであり、推定値より少なかった理由としては、出入口集合管用ドレン管による自重ドレンが適切に行われたものと推測している。

## 5.2 主冷却器接続配管

写真 5.2-1 に主冷却器接続配管の解体・ナトリウム洗浄の流れを示す。写真 5.2-2(1/2)、(2/2) に主冷却器接続配管の解体・ナトリウム洗浄作業を示す。

主冷却器接続配管の解体作業は、主冷却器入口配管（12B 配管 1m×2 ループ分、10B 配管 5m×2 ループ分、8B 配管 4m×2 ループ分）、主冷却器出口配管（12B 配管 1m×2 ループ分、10B 配管 5m×2 ループ分、8B 配管 20m×2 ループ分）を第二ナトリウム処理室へ搬入し、燃焼処理室にて閉止キャップを取り外し、内部のナトリウム付着状況を確認後、プラズマ切断機を用いて洗浄可能な長さである約 1m になるように主冷却器入口配管は 5 分割程度に、主冷却器出口配管は 13 分割程度に切断した。

配管内面のナトリウムは、A、B ループ共に出入口接続配管の底部から 2mm～5mm 程度付着した状態であった。ナトリウムの掻き出し作業は、燃焼処理室内にて受け皿の上に接続配管を置き、ナトリウム掻き出し治具を用いて実施した（サーベイランス材も同様）。掻き出したナトリウムは、ガスバーナを用いて金属棒で反応が無くなるまで攪拌しつつ燃焼させた。その後、受け皿をシャワー水洗浄を行った。

ナトリウムの掻き出しを完了した接続配管は、残留ナトリウムの状況を確認しながら慎重に蒸気洗浄処理を行い、処理完了後水洗浄を行い、屋外にて乾燥し、サーベイランス材を除きスクラップとして処分した。

図 5.2-1 に主冷却器入口側接続配管のナトリウム付着部位、サーベイランス材取り出し及び切断位置を示す。図 5.2-2 に主冷却器出口側接続配管のナトリウム付着部位、サーベイランス材取り出し及び切断位置を示す。

主冷却器接続配管で処理したナトリウム量の推定値は以下のとおりである。

#### 主冷却器入口側配管

A ループ入口配管 : 約 30g

B ループ入口配管 : 約 40g

#### 主冷却器出口側配管

A ループ出口配管 : 約 400g

B ループ出口配管 : 約 100g

掻き出しナトリウム : 約 600g (残存側既設配管)

合 計 : 約 1,170g

主冷却器接続配管のうち、入口側に比べ出口側配管に多くナトリウムが付着していた。図 2.1-3 に示すように、主冷却器出口側配管のナトリウムドレンは、出口合流部近くに設置されたドレンラインを用いて行う。配管溶接部は開先合せのため、開先内面をシンニング加工していることから、若干窪んだ状態になっているため、水平配管の場合は溶接部にナトリウムが溜まりやすい構造となっている。また、解体・ナトリウム洗浄処理した配管は、表 2.1-2 (1/3) のナトリウム付着量推定値で示した内表面積、図 2.1-2 及び図 2.1-3 の主冷却器出入口接続配管の構造図から、出口側接続配管の内表面積の方が約 1.7 倍大きく、水平配管溶接部の数も入口側 7 箇所に対して出口側 10 箇所と多いことから、これらが影響しているものと思われる。

### 5.3 主中間熱交換器 2 次側接続配管

図 5.3-1 に主中間熱交換器 2 次側接続配管のナトリウム付着部位及び切断位置を示す。図 5.3-2 に主中間熱交換器 2 次側接続配管のサーバイランス取り出し位置を示す。

写真 5.3-1 (1/2)、(2/2) に主中間熱交換器 2 次側接続配管の解体・ナトリウム洗浄作業を示す。

主中間熱交換器 2 次側配管の解体作業は、12B 配管約 3,200mm×2 本（曲管）、12B 配管約 2,000mm×2 本（曲管）を第二ナトリウム処理室に搬入し、両側閉止溶接部分をプラズマ切断機を用いてそれぞれ切断し、その後、内部のナトリウム付着状況を確認し、洗浄可能な寸法である約 1m 程度に再度プラズマ切断機を用いて切断した。

A ループ 2 次側入口配管のナトリウム付着量は配管下部から約 10mm、B ループ 2 次側入口配管は約 3mm、B ループ 2 次側出口配管のナトリウムは約 5mm であった。これに対して、配管構成が他と異なる A ループ 2 次側出口配管のナトリウム付着量はレジューサー配管下部に約 30mm あり、そのナトリウム量は約 4,800g で最もナトリウム残留量が多かった。

A ループ 2 次側入口配管、B ループ 2 次側出入口配管と A ループ 2 次側出口配管のうちナトリウムが多量に付着していた部分以外については、写真 5.3-1 (1/2) に示すように、受け皿にナトリウムを掻き出し、ガスバーナを用いて金属棒で攪拌し燃焼させた。その後、受け皿をシャワー水洗浄した。また、ナトリウムを掻き出した配管については、蒸気洗浄処理を行った。

ナトリウムが多量に付着していた A ループ 2 次側出口配管のうちレジューサ近傍については、写真 5.3-1 (2/2) の上段左の写真に示すように、燃焼処理室内でプラズマ切断機により切断している際に、ナトリウムの燃焼が始まってしまったため、ナトリウムの掻き出しへは行わず、そのまま配管上で反応が無くなるまで金属棒にて攪拌し燃焼させた。その後配管上の未燃焼ナトリウムを受け皿に掻き出し、シャワー水洗浄とともに、配管については蒸気洗浄処理を行った。

図 5.3-3 に主中間熱交換器 2 次側接続配管（2 次ナトリウム充填ドレン系配管）のナトリウム付着部位及び切断位置を示す。

2 次ナトリウム充填ドレン系配管は、ドレン弁を含む 1B 配管約 2,540mm×2 本（L 管）で、燃焼処理室で閉止キャップを取り外し内部のナトリウム付着状況を確認した。

A ループ充填ドレン配管は、配管底部に約 20mm（配管内面積の約 1/4～1/3）ナトリウムが堆積しており、B ループ充填ドレン配管は、配管内がナトリウムで完全に閉塞している状態だったので、再度閉止キャップを取り付け、写真 5.3-1 (2/2) に示すようにバンドソーで

長さ約 200mm に細断した。ドレン弁については、リップ溶接部をグラインダーで切削し、その後解体を行った。

細断した配管は、燃焼処理を行うため配管を受け皿の上に置きガスバーナで溶解させ、その後搔き出し作業を行った。受け皿に回収したナトリウムは、ガスバーナで加熱し、金属棒で反応が無くなるまで攪拌し燃焼させた。その後受け皿はシャワー水洗浄を行った。また、燃焼処理後の配管は、1B 配管であることから、蒸気洗浄が困難と判断しシャワー水洗浄を行った。その後、屋外にて乾燥しスクラップとして処分した。

主中間熱交換器 2 次側接続配管で処理したナトリウム量の推定値は、以下のとおりである。

#### 主中間熱交換器 2 次側入口配管

A ループ 2 次側入口配管	: 約 300g
B ループ 2 次側入口配管	: 約 100g
A ループ充填ドレン系配管 (バルブ付き)	: 約 100g

#### 主中間熱交換器 2 次側出口配管

A ループ 2 次側出口配管	: 約 4,800g
B ループ 2 次側出口配管	: 約 200g
B ループ充填ドレン系配管 (バルブ付き)	: 約 500g
搔き出しナトリウム	: 約 1,800g (残存側既設配管)
合 計	: 約 7,800g

図 5.3-4 に主中間熱交換器(A) 2 次側出口接続配管の構造と残留ナトリウム状況を示す。

図 5.3-4 に示すように、A ループ 2 次側出口配管は構造が B ループと異なり、B ループは主中間熱交換器を 10B 配管 2 本で出た後、12B 配管に合流するような構造を有している。したがって、合流配管サイズが 12B と大きいため、継手として異径ティー及びレジューサを用いて合流させている。「常陽」の建設段階で偏心異径ティー及び偏心レジューサを用いてあれば、配管底部が同一レベルとなるため、ナトリウムが多量に溜まるようなことはなかったが、同心異径ティー及び同心レジューサを用いていたため、この段差部分にナトリウムが溜まっていた。なお、その他の 2 次側配管の残留ナトリウム量が主冷却器出入口接続配管より多かったのは、2 次主冷却系配管のうち主中間熱交換器 2 次側接続配管が設置されている原子炉格納容器内配管は勾配ゼロで設計されていることも起因していると考えられる。

2 次ナトリウム充填ドレン系については、2 次主冷却系配管同様に勾配ゼロ設計であるということと、主中間熱交換器 2 次側ナトリウムのドレン方法として、真空加圧方式を採用していることもあり、残留ナトリウム量が多かったと考えられる。真空加圧ドレンは、2 次系

ダンプタンクライン（ドレンライン）を真空引きし、系統側（主中間熱交換器側）を加圧してサイフォン効果を大きくすることで、主中間熱交換器最下部まで挿入されている2次ナトリウム充填ドレン系配管を用いて主中間熱交換器2次側内部ナトリウムをドレンする方法である。この方法では、サイフォン効果が切れた段階（2次系ダンプタンクと系統側とのガス道通確認による）で、それ以上のドレンができなくなることから、サイフォンが切れた時にはまだ2次ナトリウム充填ドレン系配管内にナトリウムが残留している。この状態で主中間熱交換器の2次ナトリウム充填ドレン系止め弁（MK-III工事では、止め弁も含めて撤去範囲）を閉として予熱ヒータを切とするため、配管切断時にナトリウムが残留していたと推定している。

#### 5.4 2次冷却系プラギング計ユニット

図5.4-1に2次冷却系プラギング計ユニットのナトリウム付着部位及び切断位置を示す。

写真5.4-1(1/2)、(2/2)に2次系プラギング計ユニットの解体・ナトリウム洗浄作業を示す。

2次補助冷却系プラギング計は、原子炉附属建家から搬出し、第二ナトリウム処理室に搬入した後、ユニット側板の撤去、保温材の撤去、ヒータ、熱電対及びケーブルの撤去、プロアの撤去、流量計の解体・撤去の順で配管に傷をつけないように慎重に行った。その後、サーベイランス材取り出し位置を確認して、配管をバンドソーにて200mm程度に切断した。なお、2次補助冷却系プラギング計の架台は、バンドソー及びチップソーにて廃棄可能な大きさに切断した（2分割程度）。

切断を行った配管について内面のナトリウム付着状況を確認したが、ほとんどナトリウムがない状態であった。なお、オリフィス部分（サーベイランス材）に約10gのナトリウムが付着していたので、搔き出し棒で搔き出した。切断した配管は、サーベイランス材を除いて燃焼処理室でガスバーナを用いて燃焼処理、シャワー水洗浄を行った。搔き出したナトリウムは、灯油に入れ保管後、最終的に燃焼処理を行った（2次純化プラギング計も同様である）。

サーベイランス材は、50%アルコールに数時間浸漬させて、反応がないことを確認後屋外にて乾燥させ保管した（2次純化プラギング計も同様である）。

2次ナトリウム純化系プラギング計については、主冷却機建家から搬出し、第二ナトリウム処理室に搬入した後、補助系と同様に、ユニットの側板の撤去、保温材の撤去、ヒーター、熱電対及びケーブルの撤去、プロアの撤去、流量計の解体・撤去を配管に傷をつけないように慎重に行った。その後、2次補助プラギング計と同様な方法で切断作業を実施した。

切断した配管のナトリウム付着状況は、ほとんどナトリウムがない状態であったが、電磁ポンプフィルター部分に約 10g 程度のナトリウムが付着していたので、2 次補助プラギング計と同様な方法でナトリウム処理を実施した。

2 次ナトリウム純化系、2 次補助冷却系プラギング計で処理したナトリウム量の推定値は、以下のとおりである。

2 次ナトリウム純化系プラギング計 : 約 10g

2 次補助冷却系プラギング計 : 約 10g

合 計 : 約 20g

## 6. 非ナトリウム機器の解体作業

写真 6-1 (1/2)、(2/2) に非ナトリウム機器の解体作業を示す。

非ナトリウム機器の解体作業は、50MW 蒸気発生器試験施設跡地で解体エリア廻りを防炎シート等で養生するとともに、エリア内の床面を鉄板等にて養生した後解体対象物を搬入し、機器解体前にチェーンブロック、ワイヤー等にて転倒防止を施してから解体を実施した。

解体対象物の主送風機は、電動機、軸受台、ドライブユニット、入口ベーン付両吸込み横置ターボファン及びケーシングで構成され、1基当たりの重量は約 19ton である。解体にあたっては、主送風機：4 基（外形 : 4,876<sup>L</sup>×2,500<sup>W</sup>×5,345<sup>H</sup>）、軸受台 4 対が 1 辺の長さ約 2m 以下になるよう、切断線を入れた。その後、クレーン等で保持しながら、ガス溶断機を用いて切断を行い、切断後スクラップ置場に廃棄した。なお、送風機のシャフトについては、切断が困難なため、切断せず約 4m のままでスクラップ置場に廃棄した。

以下に示す入口ダクト、入口ダンパ、入口ダクト用伸縮継手、出口ダクト用伸縮継手、出口ダンパ及び出口ダクトの解体については、同様な方法で実施した。

入口ダクト（4 基）は、ダクト及びベーンプレートで構成され、重量は 1 基当たり約 7ton、その寸法は外形 : 6,000<sup>L</sup>×4,900<sup>W</sup>×2,500<sup>H</sup> である。

入口ダンパ（ドライブユニット等を含む）（4 基）は、バタフライ式ダンパ羽根 4 枚、ケーシング及び空気作動用ドライブユニットで構成され、重量は 1 基当たり約 6ton、その寸法は外形 : 5,000<sup>L</sup>×3,700<sup>W</sup>×1,200<sup>H</sup> である。

入口ダクト用伸縮継手（4 基）は、メタルベローズ式伸縮継手、カバープレート及びリブプレートから構成され、重量は 1 基当たり約 1ton、その寸法は外形 : 5,000<sup>L</sup>×3,700<sup>W</sup>×200<sup>H</sup> である。

出口ダクト用伸縮継手（4 基）は、メタルベローズ式伸縮継手、スライドプレート、カバープレート及びリブプレートで構成され、重量は 1 基当たり約 1ton、その寸法は外形 : 3,150<sup>L</sup>×3,150<sup>W</sup>×200<sup>H</sup> である。

出口ダンパ（駆動装置を含む）（4 基）は、バタフライ式ダンパ羽根、ケーシング及び電動駆動装置で構成され、重量は 1 基当たり約 6ton、その寸法は外形 : 5,000<sup>L</sup>×3,700<sup>W</sup>×1,200<sup>H</sup> である。

出口ダクト（4 基）は、ダクト及びアングルで構成され、重量は 1 基当たり約 7ton、その寸法は、出口ダクト（1）外形 : 3,900<sup>L</sup>×4,900<sup>W</sup>×800<sup>H</sup>、出口ダクト（2）外形 : 3,900<sup>L</sup>×4,900<sup>W</sup>×2,600<sup>H</sup> である。

解体作業終了後、50MW 蒸気発生器試験施設跡地作業エリアの廻りの養生用防炎シート、床面の鉄板等を撤去し、作業エリアの片付け清掃を行ってすべての作業を終了した。

## 7. ナトリウム洗浄・燃焼作業における評価

### 7.1 作業前におけるトリチウム量の推定と作業時における管理

2次冷却系ナトリウムは、主中間熱交換器で1次冷却系ナトリウムと熱交換を行っているが、原子炉内で発生したトリチウムが伝熱管壁を透過して2次冷却系ナトリウムに移行していく。したがって、2次冷却系ナトリウム機器のナトリウム洗浄及び燃焼作業を実施する場合には、作業時におけるトリチウム管理の面から、機器に付着しているナトリウム中のトリチウム濃度を評価するとともに、機器内部ガス空間に移行してきたトリチウム濃度を評価し、ナトリウム洗浄及び燃焼作業における安全評価を行っておく必要がある。

ここでは、2次冷却系撤去機器に付着しているナトリウム中のトリチウム濃度、ガス空間におけるトリチウム濃度を推定し、これに基づき今回の2次冷却系機器のナトリウム洗浄及び燃焼作業における管理方法を決定した。

#### (1) アルゴンガスバウンダリ解放時のトリチウムについて

表7.1-1に「常陽」2次系カバーガス（アルゴンガス）及びナトリウム中のトリチウム分析結果<sup>(5)</sup>を示す。

主冷却器等に含まれるカバーガス中のトリチウム濃度は、表7.1-1に示すとおり平均値約2Bq/cm<sup>3</sup>であり、解体する機器のうち最も容積の大きい主冷却器(容積1.61m<sup>3</sup>)に内包されるトリチウムは、

$$2(\text{Bq}/\text{cm}^3) \times 1.61 \times 10^6(\text{cm}^3) = 3.22(\text{MBq})$$

となる。

また、主冷却器のバウンダリ開放は、第二ナトリウム処理室において行うこととしており、第二ナトリウム処理室の容積は、図4.1-1から約1490m<sup>3</sup>でありナトリウム処理室内のトリチウムの濃度は、

$$3.22(\text{MBq}) / 1490 \times 10^6(\text{cm}^3) = 2.16 \times 10^{-3}(\text{Bq}/\text{cm}^3)$$

となる。

「試験研究炉の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規則等の規定に基づき線量当量限度等を定める件（通産省告示第131号）」によれば、放射線作業従事者の呼吸する空気中の濃度限度は $7 \times 10^{-1}\text{Bq}/\text{cm}^3$ で、管理区域設定に係る空气中放射性物質濃度がその3/10の $2.1 \times 10^{-1}\text{Bq}/\text{cm}^3$ であることから、開放時に特別の防護装備を行う必要はない（取扱いにあたっては、トリチウムの濃度限度のうち一番厳しい値であるトリチウム水の濃度限度を用いて検討した）。なお、作業が行われた平成13年2月～7月における濃度限度は、

上記の値であるが、その後、平成 14 年 4 月以降は告示の改正が行われており、放射線作業従事者の呼吸する空気中の濃度限度は  $8 \times 10^{-1} \text{Bq/cm}^3$  で、管理区域設定に係る空气中放射性物質濃度がその 1/10 の  $8 \times 10^{-2} \text{Bq/cm}^3$  となっている。

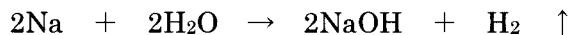
## (2) ナトリウム洗浄時に発生するトリチウム水について

水蒸気洗浄を行う機器は、主冷却器出入口接続配管、主冷却器伝熱管、2 次冷却系ブレギング計等のナトリウムが内面に薄く付着しているものを対象としている。

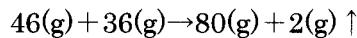
### ①. トリチウム水の総量

表 7.1-1 に示すとおり、2 次冷却系ナトリウムに含まれるトリチウムの濃度は、平均値で  $1.52 \text{kBq/cm}^3$  であり、主冷却器等に付着しているナトリウムを 1 基あたり  $3\text{kg}$  とすると全トリチウム量は、 $4.56\text{MBq}$  となる。

主冷却器等の解体・洗浄の際にトリチウムがすべて廃液に移行すると考えた場合、全ナトリウムが水酸化ナトリウムに反応するために必要な水の量は、



反応式に対応した mol 質量(g)を考えると



以上のことから  $3\text{kg}$  のナトリウムを反応させるために必要な水は、

$$3 (\text{kg}) \times 36 / 46 = 2.35 (\text{kg}) = 2.35 (\text{L})$$

約  $2.35\text{L}$  となる。この時の水酸化ナトリウム水溶液中のトリチウム濃度は、

$$4.56 (\text{MBq}) / 2.35 (\text{L}) = 1.94 (\text{MBq/L})$$

$1.94\text{MBq/L} = 1.94\text{kBq/cm}^3$  となる。

「試験研究炉の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規則等の規定に基づき線量当量限度等を定める件（通産省告示第 131 号）」によれば、周辺監視区域外へのトリチウム水の排出濃度限度は、 $60\text{Bq/cm}^3$  であることから希釈に必要な水は、

$$1940 / 60 = 32.3 (\text{倍})$$

よって、 $1\text{cm}^3$  あたり約  $33\text{cm}^3$  (33 倍) の水で希釈する必要がある。このことから、全水酸化ナトリウム水溶液を希釈するために必要な水は、

$$2350 (\text{cm}^3) \times 33 = 77.55 (\text{L})$$

約  $78\text{L}$  を必要とする。なお、トリチウム水の排出濃度限度は、平成 14 年 4 月以降の告示の改正においても変更はない。

排水にあたっては、一般排水の管理基準で排水するため放出濃度限度が  $< 1 \text{Bq/cm}^3$  となることから、更に約 60 倍に希釈する必要があり約  $4.7\text{m}^3$  を必要とする。

なお、ナトリウム洗浄時にトリチウムがすべて空気中に移行したと仮定しても以下の式より、管理区域設定に係る空气中放射性物質濃度である  $2.1 \times 10^{-1} \text{Bq}/\text{cm}^3$ 、(平成 14 年 4 月以降 :  $8 \times 10^{-1} \text{Bq}/\text{cm}^3$ ) を十分満足している。

$$4.56(\text{MBq}) / 1490 \times 10^6(\text{cm}^3) = 3.06 \times 10^{-3}(\text{Bq}/\text{cm}^3)$$

## ②. 蒸気洗浄時の凝縮水の総量及び希釈の必要性

図 7.1-1 に飽和蒸気密度の曲線を示す。図 7.1-2 に水蒸気と加熱窒素ガス混合比及び混合ガス中の飽和温度を示す。

蒸気洗浄時に使用する蒸気量は、蒸気温度を 100°C とした場合、図 7.1-1 から約 0.6kg/m<sup>3</sup> であり、図 7.1-2 から蒸気流量を水蒸気と加熱窒素ガス混合比及び混合ガス中の飽和温度の最大値 : 20m<sup>3</sup>/h (水蒸气体積密度 50%) とした場合、蒸気の凝縮水は 12L/h となる。1 日の処理時間を 8 時間とすると廃液中和槽に流入するトリチウム水は 96L となるので、この時点で周辺監視区域外へ放出する濃度限度以下まで十分希釈される。

大洗工学センターの一般排水処理設備に流入する排水量は 160~200m<sup>3</sup>/日 (平成 12 年 4 月~7 月の実績値) であることから、廃液中和槽で中和された廃液をそのまま排水した場合でも充分希釈されると考えられるが、廃液中和槽 (容量 : 20m<sup>3</sup>) の余裕がある場合は、予め廃液中和槽内で総量を <1Bq/cm<sup>3</sup> まで希釈する。

なお、洗浄作業時には廃液をサンプリングし、液体シンチレーションカウンタを用いてトリチウム濃度を測定する必要があることから、廃液中和槽の上部鋼板 (4 分割のうち中央 2 枚の何れか) を取り外し、500cm<sup>3</sup> の広口ポリ容器に針金を取り付けたひしゃく型のもので廃液を汲み上げ、バイアルビンに分けて試料を作り測定する。

また、廃液中和槽で希釈できないと判断された場合は、「常陽」施設内で処理する。具体的には、洗浄廃液をメンテナンス建家内の廃液タンクに貯蔵することとし、上記要領で鋼板を取り外して水中ポンプを用いてドラム缶等に移し替え、メンテナンス建家に搬入後に再度ポリ容器 (20L) 等に移し替えを行いプール水処理設備のドレンタンクに流し込む事により、メンテナンス建家の廃液タンクに貯蔵できる。この場合、洗浄廃液は最終的に放射性液体廃棄物として廃棄物処理施設に移送し処理する。

## (3) 燃焼処理時のトリチウムについて

主冷却器出入口集合管は、ナトリウムが内面に厚く付着していることから、燃焼処理を行う。

燃焼室の容積は、約 40m<sup>3</sup> であり排煙処理装置の排風機の能力が 200m<sup>3</sup>/min であることから換気回数は 5 回/min のとなる。

ここで燃焼によりに空気中に全てのトリチウムが放出されると仮定した場合、ナトリウムの燃焼速度<sup>(6)</sup>は、図 7.1-3 に示したナトリウムの燃焼速度より  $30\sim50\text{kg/m}^2\cdot\text{h}$  であり、ナトリウム燃焼パン上の液化ナトリウムの直径を  $0.5\text{m}$ 、質量を  $3\text{kg}$  (主冷却器 1 基分のナトリウム)、トリチウムの放射能量を  $4.56\text{MBq}$ 、燃焼速度を  $50\text{kg/m}^2\cdot\text{h}$  とした場合、トリチウムの発生速度は、

$$\begin{aligned} & 4.56 \times 10^6(\text{Bq}) / \{ (3(\text{kg}) / 50(\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{h})) / (\pi (0.5)^2/4(\text{m}^2)) \times 3600(\text{sec}/\text{h}) \} \\ & = 4.15 \times 10^3(\text{Bq/sec}) \end{aligned}$$

この時の全トリチウムの発生時間は

$$4.56 \times 10^6(\text{Bq}) / 4.15 \times 10^3(\text{Bq/sec}) = 1100(\text{sec})$$

となる。ここで、発生速度と換気量からのトリチウム濃度は、

$$4.15 \times 10^3(\text{Bq/sec}) \times 60(\text{sec}/\text{min}) / 200 \times 10^6(\text{cm}^3/\text{min}) = 1.25 \times 10^{-3}(\text{Bq/cm}^3)$$

となる。

放射線作業従事者の呼吸する空気中の濃度限度が  $7 \times 10^{-1}\text{Bq/cm}^3$  で、管理区域設定に係る空气中放射性物質濃度がその  $3/10$  の  $2.1 \times 10^{-1}\text{Bq/cm}^3$  であることから、主冷却器 1 基分のナトリウム量 ( $3\text{kg}$ ) であれば一度に燃焼することが十分可能である。

#### (4) ナトリウム処理時のトリチウム取扱いの方針

上記を踏まえ、主冷却器をはじめとする 2 次系機器のナトリウム処理を行う際のトリチウムの取扱いについては、以下の方針で実施すれば問題無く管理できる。

- ① アルゴンガスバウンダリ開放時：開放のための特別な処理を必要としない。
- ② 水蒸気洗浄時 : 洗浄作業時に排煙装置を用いて換気し、洗浄廃液は希釈する。
- ③ 燃焼処理時 : 排煙装置により換気を行う。(通常の燃焼処理と同じ)

上記作業の開始時に作業雰囲気のトリチウムサンプリングを行い、作業環境が健全に管理されている事を確認する。

## 7.2 作業中におけるトリチウム分析

2 次冷却系撤去機器の解体・ナトリウム洗浄にあたっては、7.1「作業前におけるトリチウム量の推定と作業時における管理」に基づき、保管中における保管機器内アルゴンガス、解体時における作業雰囲気、ナトリウム洗浄廃液についてトリチウム濃度測定を実施した。

#### (1) 保管中における保管機器内アルゴンガス中のトリチウム濃度測定

表 7.2-1 に解体・ナトリウム洗浄までの保管中におけるトリチウム濃度測定結果を示す。

主冷却器出口接続配管及び2次冷却系プラギング計の保管中におけるトリチウム濃度は、既設2次系カバーガス中のトリチウム濃度平均値  $2\text{Bq}/\text{cm}^3$  より大きく、最大で  $4.9\text{Bq}/\text{cm}^3$  であった。

撤去された配管は、切断端部に閉止板を溶接し、その内部空間をアルゴンガスで置換し解体・ナトリウム洗浄までの間保管していた。よって、撤去配管の内部空間は限られおり、この限られた空間に配管内表面の付着ナトリウムからアルゴンガス空間にトリチウムが移行してきたことによって既設2次系カバーガス中のトリチウム濃度より高くなっていたものと推定している。

(2) 解体、ナトリウム洗浄及び燃焼作業中における作業雰囲気のトリチウム濃度測定

表7.2-2に解体、ナトリウム洗浄及び燃焼作業中における作業雰囲気のトリチウム濃度測定結果を示す。

解体、ナトリウム洗浄及び燃焼作業中における作業雰囲気のトリチウム濃度は、いずれの作業中においても作業雰囲気管理値  $2.1 \times 10^{-1}\text{Bq}/\text{cm}^3$  以下であった。

(3) ナトリウム洗浄廃液中のトリチウム濃度測定

表7.2-3にナトリウム洗浄廃液中のトリチウム濃度測定結果を示す。

2次系撤去機器のナトリウム洗浄廃液は、主冷却器(2A)伝熱管等のナトリウム洗浄による洗浄廃液が最も高く、 $10.7\text{Bq}/\text{cm}^3$  であった。よって、廃液中和槽内で希釀を実施し、その後大洗工学センター内一般排水処理設備排水と希釀して排水を実施した。

## 8. 考 察

主冷却器の解体・ナトリウム洗浄作業では、伝熱管及び出入口集合管からサーベイランス材を取り出すため、切断前にサーベイランス材取り出し位置にケガキを入れ、切断機による熱履歴がサーベイランス材取り出し位置に加わらないように注意を払い作業を実施した。

主冷却器については、解体・ナトリウム洗浄作業計画段階で 50MWSG 蒸気発生器試験施設補助冷却装置の解体撤去工事等<sup>(1),(2)</sup>を参考に、1 基あたり 3kg (ほとんどが出入口集合管に残留) で合計 12kg のナトリウム付着があるものと推定していたが、いずれの主冷却器も推定付着量より少なく、合計で約 4.5kg であった。解体・ナトリウム洗浄作業時に伝熱管内面を観察した結果、伝熱管はほぼ綺麗にドレンされていたことを考慮すると、そのほとんどが主冷却器の出入口集合管に付着していたものである。なお、推定より少なかったのは、出入口集合管用ドレン管が十分機能し、自重ドレンが良好に行われたものと推測される。

主中間熱交換器 2 次側接続配管については、合計約 7.8kg のナトリウム付着量があった。これは、A ループ 2 次側出口配管は構造が B ループと異なり、B ループは主中間熱交換器を 10B 配管 2 本で出た後、12B 配管に合流するような構造を有している。したがって、合流配管サイズが 12B と大きいため、継手として異径ティー及びレジューサを用いて合流させている。「常陽」の建設段階で偏心異径ティー及び偏心レジューサを用いてあれば、配管底部が同一レベルとなるため、ナトリウムが多量に溜まるようなことはなかったが、同心異径ティー及び同心レジューサを用いていたため、この段差部分にナトリウムが溜まっていた。なお、他の 2 次側配管の残留ナトリウム量が主冷却器出入口接続配管より多かったのは、2 次主冷却系配管のうち主中間熱交換器 2 次側接続配管が設置されている原子炉格納容器内配管は勾配ゼロで設計されていることも起因していると考えられる。

2 次ナトリウム充填ドレン系については、2 次主冷却系配管同様に勾配ゼロ設計であるということと、主中間熱交換器 2 次側ナトリウムのドレン方法として、真空加圧方式を採用していることもあり、残留ナトリウム量が多かったと考えられる。真空加圧ドレンは、2 次系ダンプタンクライン（ドレンライン）を真空引きし、系統側（主中間熱交換器側）を加圧してサイフォン効果を大きくすることで、主中間熱交換器上部最下部まで挿入されている 2 次ナトリウム充填ドレン系配管を用いて主中間熱交換器 2 次側内部ナトリウムをドレンする方法である。この方法では、サイフォン効果が切れた段階（2 次系ダンプタンクと系統側とのガス道通確認による）で、それ以上のドレンができなくなることから、サイフォンが切れた時にはまだ 2 次ナトリウム充填ドレン系配管内にナトリウムが残留している。この状態で主中間熱交換器の 2 次ナトリウム充填ドレ

ン系止め弁（MK-III工事では、止め弁も含めて撤去範囲）を閉として予熱ヒータを切とするため、配管切断時にナトリウムが残留していたと推定している。

## 9. おわりに

高速実験炉「常陽」では、照射能力の高度化に向けたプロジェクト（MK-III）として、原子炉冷却系の除熱能力を 100MWt から 140MWt とするための冷却系改造工事を実施してきた。この作業の一環として、撤去された 2 次系ナトリウム機器である主冷却器、主冷却器出入口接続配管、主中間熱交換器 2 次側出入口接続配管、2 次冷却系プラギング計の解体・ナトリウム洗浄作業を実施した。解体・ナトリウム洗浄にあたっては、第二ナトリウム処理室を用いて行い、安全対策には万全を尽くし、効率的、かつ、安全に解体・ナトリウム洗浄を行い、ほぼ計画通りに作業を進めることができた。解体・ナトリウム洗浄した機器・配管については、スクラップとして処分した（サーベイランス材を除く）。

解体・ナトリウム洗浄で燃焼・洗浄処理したナトリウム量は、合計約 13.5kg であった。このうち、最も処理量の多かった機器・配管は、主中間熱交換器(A) 2 次側出口接続配管の 4.8kg であり、構造的にナトリウムがドレンできない構造となっていた。また、主冷却器については、4 基合計でも計画付着推定値 12kg に対して、4.5kg とかなり少なものであった。

主送風機等の 2 次冷却系非ナトリウム機器も 50MW 蒸気発生器試験施設跡地において、安全に解体作業を行い、スクラップとして処分することができた。

## 10. 謝 辞

本解体・ナトリウム洗浄の作業実施に際し、第二ナトリウム処理室の借用・管理にあたって協力を頂いた技開部の緑川浩氏、常陽産業株式会社の河合政隆氏に感謝いたします。

## 11. 参考文献

- (1) 永井 桂一、谷田部 敏男著：50MW 蒸気発生器試験施設の解体撤去－補助冷却装置の解体撤去工事－、PNC TN9440 98-002、1998年2月
- (2) 畠司 稔、山本 晋平、他著：50MW 蒸気発生器試験施設 中間熱交換器（IHX）の解体・洗浄記録、PNC TN9450 98-009、1998年6月
- (3) 磯崎 和則、他著：高速実験炉「常陽」2次補助冷却系プラギング計のサーマルストライピング評価、PNC TN9410 98-055、1998年5月
- (4) 上野 文義著：「常陽」2次冷却系プラギング計配管の探傷試験結果(試験報告)、JNC TN9430 2001-003、2002年3月
- (5) 伊東和寛、他著：高速実験炉「常陽」冷却材及びカバーガス純度管理データベース（MK-II炉心）（技術報告）、JNC TN9410 2000-008、2000年3月
- (6) 川田 耕嗣、他著：広温度・広酸素濃度範囲ナトリウム燃焼試験(1)ナトリウム燃焼現象確認試験、PNC ZN9410 88-004、1988年1月

表2.1-1 解体・ナトリウム洗浄を行った2次冷却系ナトリウム機器の主要目

No.	機器名		主要寸法	材質	重量	数量
1	主冷却器	架構	外形5,500mm <sup>L</sup> ×3,600mm <sup>W</sup> ×1,800mm <sup>H</sup>	SS400	約18ton/基	4基
		伝熱管	外径 42.7mm×長さ約4,800mm (フィン付部長さ)	STBA24		
		入口集合管	12B配管 外径318.5mm×長さ約3,500mm	STPA24		
		出口集合管	12B配管 外径318.5mm×長さ約3,500mm	STPA24		
		ドレン管	1/4B配管 外径13.8mm×長さ約800mm	STPA24		
2	主冷却器入口側接続配管	10B配管 外径267.4mm×長さ約5,000mm			約500kg/式	4式
		8B配管 外径216.3mm×長さ約4,000mm				
3	主冷却器出口側接続配管	10B配管 外径267.4mm×長さ約5,000mm			約500kg/式	4式
		8B配管 外径216.3mm×長さ約4,000mm				
4	主冷却器出入口配管 (温度計ウェル部)	入口側	12B配管 外径318.5mm×長さ約1,000mm	STPA24	約200kg/式	2式
		出口側	12B配管 外径318.5mm×長さ約1,000mm	STPA24		
5	2次Na純化系プラギング計ユニット	外形1,000mm <sup>L</sup> ×600mm <sup>W</sup> ×1,700mm <sup>H</sup> ×1基			SUS304	約500kg
6	2次補助系プラギング計ユニット	外形1,000mm <sup>L</sup> ×600mm <sup>W</sup> ×1,700mm <sup>H</sup> ×1基			SUS304	約500kg
7	主中間熱交換器2次系入口側接続配管	12B配管 外径318.5mm×長さ約1,700mm×幅約1,500mm (曲管)			STPA24	約200kg/本
8	主中間熱交換器2次系出口側接続配管	12B配管 外径318.5mm×長さ約1,500mm×幅約 500mm (曲管)			STPA24	約200kg/本
9	2次Na充填ドレン系配管 (ドレン弁含む)	1B配管 外径 34.0mm×長さ約1,440mm×幅約1,100mm (L管)			STPA24	約10kg/本

表2.1-2 (1/3) 2次冷却系ナトリウム機器のナトリウム付着量推定値（主冷却器及び接続配管）

機器名	部品名	外径 (mm)	板厚 (mm)	内径 (mm)	内周長 (mm)	長さ (mm)	本数	内表面積		ナトリウム付着量			
								(cm <sup>2</sup> )	合計 (m <sup>2</sup> )	(mg/cm <sup>2</sup> )	(g)	小計 (g)	合計 (g)
主冷却器 (1 A)	入口集合管	12B配管	318.5	10.3	297.9	935.9	3833.0	1	35872.3	118.0	30.00	1076.2	2407.2
	伝熱管 (外側)		42.7	2.0	38.7	121.6	11534.0	40	560919.8		0.23	129.0	
	伝熱管 (内側)		42.7	2.0	38.7	121.6	11246.0	40	546913.8		0.23	125.8	
	出口集合管	12B配管	318.5	10.3	297.9	935.9	3833.0	1	35872.3		30.00	1076.2	
	ドレン管		13.8	3.0	7.8	24.5	1400.0	1	343.1		0.23	0.1	
主冷却器 (2 A)	入口集合管	12B配管	318.5	10.3	297.9	935.9	3833.0	1	35872.3	118.0	30.00	1076.2	2407.2
	伝熱管 (外側)		42.7	2.0	38.7	121.6	11534.0	40	560919.8		0.23	129.0	
	伝熱管 (内側)		42.7	2.0	38.7	121.6	11246.0	40	546913.8		0.23	125.8	
	出口集合管	12B配管	318.5	10.3	297.9	935.9	3833.0	1	35872.3		30.00	1076.2	
	ドレン管		13.8	3.0	7.8	24.5	1400.0	1	343.1		0.23	0.1	
主冷却器 (1 B)	入口集合管	12B配管	318.5	10.3	297.9	935.9	3833.0	1	35872.3	118.0	30.00	1076.2	2407.2
	伝熱管 (外側)		42.7	2.0	38.7	121.6	11534.0	40	560919.8		0.23	129.0	
	伝熱管 (内側)		42.7	2.0	38.7	121.6	11246.0	40	546913.8		0.23	125.8	
	出口集合管	12B配管	318.5	10.3	297.9	935.9	3833.0	1	35872.3		30.00	1076.2	
	ドレン管		13.8	3.0	7.8	24.5	1400.0	1	343.1		0.23	0.1	
主冷却器 (2 B)	入口集合管	12B配管	318.5	10.3	297.9	935.9	3833.0	1	35872.3	118.0	30.00	1076.2	2407.2
	伝熱管 (外側)		42.7	2.0	38.7	121.6	11534.0	40	560919.8		0.23	129.0	
	伝熱管 (内側)		42.7	2.0	38.7	121.6	11246.0	40	546913.8		0.23	125.8	
	出口集合管	12B配管	318.5	10.3	297.9	935.9	3833.0	1	35872.3		30.00	1076.2	
	ドレン管		13.8	3.0	7.8	24.5	1400.0	1	343.1		0.23	0.1	
主冷却器接続配管 (A入口側)	分岐前温度計ウェル部配管	12B配管	318.5	10.3	297.9	935.9	500.0	—	4679.4	10.0	0.23	1.1	23.0
	入口側配管	10B配管	267.4	9.3	248.8	781.6	6362.0	—	49727.2		0.23	11.4	
		8B配管	216.3	8.2	199.9	628.0	7268.0	—	45643.4		0.23	10.5	
主冷却器接続配管 (A出口側)	出口側配管	8B配管	318.5	10.3	297.9	935.9	13078.0	—	122394.4	16.9	0.23	28.2	38.9
		10B配管	267.4	9.3	248.8	781.6	5600.0	—	43771.2		0.23	10.1	
	合流後温度計ウェル部配管	12B配管	216.3	8.2	199.9	628.0	500.0	—	3140.0		0.23	0.7	
主冷却器接続配管 (B入口側)	分岐前温度計ウェル部配管	12B配管	318.5	10.3	297.9	935.9	500.0	—	4679.4	10.0	0.23	1.1	23.0
	入口側配管	10B配管	267.4	9.3	248.8	781.6	6362.0	—	49727.2		0.23	11.4	
		8B配管	216.3	8.2	199.9	628.0	7268.0	—	45643.4		0.23	10.5	
主冷却器接続配管 (B出口側)	出口側配管	8B配管	318.5	10.3	297.9	935.9	13078.0	—	122394.4	16.9	0.23	28.2	38.9
		10B配管	267.4	9.3	248.8	781.6	5600.0	—	43771.2		0.23	10.1	
	合流後温度計ウェル部配管	12B配管	216.3	8.2	199.9	628.0	500.0	—	3140.0		0.23	0.7	

表2.1-2 (2/3) 2次冷却系ナトリウム機器のナトリウム付着量推定値（主中間熱交換器接続2次系配管）

機器名	呼び径	外径 (mm)	板厚 (mm)	内径 (mm)	内周長 (mm)	長さ (mm)	本数	内表面積		ナトリウム付着量		
								(cm <sup>2</sup> )	小計 (m <sup>2</sup> )	(mg/cm <sup>2</sup> )	(g)	
主IHX接続1次主配管 (A入口側)	20B配管	508.0	9.5	489.0	1536.2	3650.0	—	56072.7	5.6	0.23	12.9	46.7
主IHX接続1次主配管 (A出口側)	18B配管	457.2	8.0	441.2	1386.1	3279.0	—	45449.3	4.5	0.23	10.5	
主IHX接続1次主配管 (B入口側)	20B配管	508.0	9.5	489.0	1536.2	3650.0	—	56072.7	5.6	0.23	12.9	
主IHX接続1次主配管 (B出口側)	18B配管	457.2	8.0	441.2	1386.1	3279.0	—	45449.3	4.5	0.23	10.5	
主IHX接続2次主配管 (A入口側)	12B配管	318.5	10.3	297.9	935.9	3550.0	—	33223.8	3.3	0.23	7.6	34.7
主IHX接続2次主配管 (A出口側)	10B配管	267.4	9.3	248.8	781.6	4098.0	—	32031.1	3.2	0.23	7.4	
	12B配管	318.5	10.3	297.9	935.9	2100.0	—	19653.5	2.0	0.23	4.5	
主IHX接続2次主配管 (B入口側)	12B配管	318.5	10.3	297.9	935.9	3550.0	—	33223.8	3.3	0.23	7.6	
主IHX接続2次主配管 (B出口側)	12B配管	318.5	10.3	297.9	935.9	3500.0	—	32755.8	3.3	0.23	7.5	
主IHX接続2次ドレン系配管 (A入口側)	1B配管	34.0	3.0	28.0	88.0	2540.0	—	2234.3	0.2	0.23	0.5	1.0
主IHX接続2次ドレン系配管 (B入口側)	1B配管	34.0	3.0	28.0	88.0	2540.0	—	2234.3	0.2	0.23	0.5	
合 計									35.8			82.4

表2.1-2 (3/3) 2次冷却系ナトリウム機器のナトリウム付着量推定値 (2次系プラギング計)

機器名	部品名	外径 (mm)	板厚 (mm)	内径 (mm)	内周長 (mm)	長さ (mm)	本数	内表面積		ナトリウム付着量			
								(cm <sup>2</sup> )	小計 (m <sup>2</sup> )	(mg/cm <sup>2</sup> )	(g)	小計 (g)	
2次Na純化プラギング 計ユニット内配管	入口	1/2B配管	21.7	2.5	16.7	52.5	88.0	—	46.2	0.235	0.23	0.01	0.54
	電磁ポンプ、電磁流量計	1B配管	34.0	3.0	28.0	88.0	500.0	—	439.8		0.23	0.10	
		3/8B配管	17.3	2.0	13.3	41.8	445.0	—	185.9		0.23	0.04	
		1/4B配管	13.8	2.0	9.8	30.8	483.0	—	148.7		0.23	0.03	
	バイパス配管	3/8B配管	17.3	2.0	13.3	41.8	718.0	—	300.0		0.23	0.07	
	冷却器		55.0		9.8	30.8	1100.0	—	338.7		0.23	0.08	
	エコノマイザ部	3/8B配管	17.3	2.0	13.3	41.8	705.0	—	294.6		0.23	0.07	
		3/4B配管	27.2	2.5	22.2	69.7	500.0	—	348.7		0.23	0.08	
	出口	1/2B配管	21.7	2.5	16.7	52.5	477.0	—	250.3		0.23	0.06	
2次補助プラギング 計ユニット内配管	入口	1/2B配管	21.7	2.5	16.7	52.5	88.0	—	46.2	0.235	0.23	0.01	0.54
	電磁ポンプ、電磁流量計	1B配管	34.0	3.0	28.0	88.0	500.0	—	439.8		0.23	0.10	
		3/8B配管	17.3	2.0	13.3	41.8	445.0	—	185.9		0.23	0.04	
		1/4B配管	13.8	2.0	9.8	30.8	483.0	—	148.7		0.23	0.03	
	バイパス配管	3/8B配管	17.3	2.0	13.3	41.8	718.0	—	300.0		0.23	0.07	
	冷却器		55.0		9.8	30.8	1100.0	—	338.7		0.23	0.08	
	エコノマイザ部	3/8B配管	17.3	2.0	13.3	41.8	705.0	—	294.6		0.23	0.07	
		3/4B配管	27.2	2.5	22.2	69.7	500.0	—	348.7		0.23	0.08	
	出口	1/2B配管	21.7	2.5	16.7	52.5	477.0	—	250.3		0.23	0.06	
2次Na純化系プラギ ング計接続配管	入口	3/4B配管	27.2	2.9	21.4	67.2	300.0	—	201.7	0.170	0.23	0.05	0.39
		1/2B配管	21.7	2.8	16.1	50.6	1180.0	—	596.8		0.23	0.14	
	出口	1/2B配管	21.7	2.8	16.1	50.6	1380.0		698.0		0.23	0.16	
		3/4B配管	27.2	2.8	21.6	67.9	300.0		203.6		0.23	0.05	
2次補助冷却系プラギ ング計接続配管	入口	3/4B配管	27.2	2.9	21.4	67.2	450.0	—	302.5	0.137	0.23	0.07	0.31
		1/2B配管	21.7	2.8	16.1	50.6	850.0	—	429.9		0.23	0.10	
	出口	1/2B配管	21.7	2.8	16.1	50.6	850.0		429.9		0.23	0.10	
		3/4B配管	27.2	2.8	21.6	67.9	300.0		203.6		0.23	0.05	
合 計										0.777			1.79

表2.2-1 解体を行った2次冷却系非ナトリウム機器の主要目

No.	機器名		主要寸法	材質	重量	数量
1	主送風機	電動機			約19ton/基	4台
		送風機	外形 $4,876\text{mm}^L \times 2,500\text{mm}^W \times 5,345\text{mm}^H$ (インレットベーン、ドライブユニットを含む)	SS400		4基
		軸受台		SS400		4対
2	主冷却器出入口ダンパ	入口	外形 $5,000\text{mm}^L \times 3,700\text{mm}^W \times 1,200\text{mm}^H$	SS400	約6ton/基	4基
		出口	外形 $5,000\text{mm}^L \times 3,700\text{mm}^W \times 1,200\text{mm}^H$	SB410	約6ton/基	4基
3	主冷却器出入口ダクト	入口ダクト	外形 $6,000\text{mm}^L \times 4,900\text{mm}^W \times 2,500\text{mm}^H$	SS400	約7ton/基	4基
		出口ダクト	外形(1) $3,900\text{mm}^L \times 4,900\text{mm}^W \times 800\text{mm}^H$	SS400	約3ton/基	4基
			外形(2) $3,900\text{mm}^L \times 4,900\text{mm}^W \times 2,600\text{mm}^H$	SS400		4基
4	主冷却器出入口ダクト用伸縮継手	入口伸縮継手	外形 $5,000\text{mm}^L \times 3,700\text{mm}^W \times 200\text{mm}^H$	SS400	約1ton/基	4基
		出口伸縮継手	外形 $3,150\text{mm}^L \times 3,150\text{mm}^W \times 200\text{mm}^H$	SS400	約1ton/基	4基

表 3-1(1/2) 2次系撤去機器の解体・ナトリウム洗浄作業工程 (平成 13 年 2 月～3 月)

	2 月						3 月
	16	20	21	26	27	28	1
1. 2 次系プラギング計ユニット解体・洗浄							
(1) 運搬							
2 次補助系プラギング計ユニットの運搬	[REDACTED]						
2 次純化系プラギング計ユニットの運搬		[REDACTED]					
(2) 2 次補助系プラギング計ユニットの解体・Na 处理	[REDACTED]						
(3) 2 次純化系プラギング計ユニットの解体・Na 处理		[REDACTED]					
(4) 作業エリアの後片付け			[REDACTED]				
2. 主中間熱交換器 2 次側接続配管の解体・洗浄							
(1) 配管の搬入				[REDACTED]			
(2) 配管の解体・Na 处理				[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	
(3) 作業エリアの後片付け							[REDACTED]

表 3-1(2/2) 2 次系撤去機器の解体・ナトリウム洗浄作業工程 (平成 13 年 3 月～7 月)

The Gantt chart illustrates the timeline for decommissioning work across five months (March to July). The tasks are categorized as follows:

- 1. 2次系機器のナトリウム洗浄作業**
- (1) 主送風機設備の解体**
  - 解体エリア設置
  - 主送風機設備の解体
- (2) 主冷却器の解体**
  - (2Bの解体)
    - 作業エリア養生、Na処理室へ搬入
    - 側板撤去
    - 配管の処理
    - 架台の搬出
  - (2Aの解体)
    - Na処理室へ搬入、側板撤去
    - 配管の処理
    - 架台の搬出
  - (1Bの解体)
    - Na処理室へ搬入、側板撤去
    - 配管の処理
    - 架台の搬出
  - (1Aの解体)
    - Na処理室へ搬入、側板撤去
    - 配管の処理
    - 架台の搬出
  - 架台の解体（50MWSG跡地）
- (3) 主冷却器2次側配管の処理**
  - 入口、出口側配管の処理
  - A系入口、出口側配管の処理（12B）
  - B系入口、出口側配管の処理（12B）
- (4) Na処理室後片付け作業**
- (5) 50MWSG跡地後片付け作業**

The chart shows the sequence of tasks and their duration across the months. Notable overlaps occur between tasks like piping treatment and equipment dismantling, particularly in April and May.

表7.1-1 「常陽」2次系カバーガス(アルゴンガス)及びナトリウム中のトリチウム分析結果

試料採取日	試料採取条件	2次系カバーガス中		2次系ナトリウム中		Bq/g Na
		オーバーフロータンク	ダンピングタンク	試料採取日	試料採取条件	
	Bq/Nec	Bq/Nec				
S.58 8/1	100MW 第1サイクル 起動前	7.80E-01	7.40E-01	S.58 7/31	100MW 第1サイクル原子炉起動前	3.60E+02
S.58 8/15	100MW 第1サイクル 起動前	5.20E-01	1.40E-01	S.58 8/14	100MW 第1サイクル・原子炉起動後	3.20E+02
S.58 9/3	100MW 第1サイクル 定格運転中	3.60E-01	3.00E-01	S.58 9/2	100MW 第1サイクル・定格運転中	4.10E+02
S.58 9/24	100MW 第1サイクル 終了前(50MW)	3.00E-01	3.00E-01	S.58 9/23	100MW 第1サイクル・終了前(50MW)	7.00E+02
S.58 10/6	100MW 第2サイクル 起動前	2.60E-01	3.30E-01	S.58 10/5	100MW 第2サイクル・原子炉起動前	8.50E+02
S.58 10/18	100MW 第2サイクル 起動後	3.00E-01	4.10E-02	S.58 10/17	100MW 第2サイクル・原子炉起動後	7.40E+02
S.58 11/8	100MW 第2サイクル 定格運転中	3.60E-01	3.50E-01	S.58 11/7	100MW 第2サイクル・定格運転中	1.30E+03
S.58 12/8	100MW 第2サイクル 停止後	2.60E-01	2.70E-01	S.58 12/7	100MW 第2サイクル・原子炉停止後	1.30E+03
S.59 3/21	第4回定検中 2次N <sub>a</sub> 充填後	2.90E+00	4.40E+00	S.59 4/11	100MW 第3サイクル・原子炉起動前	8.10E+02
S.59 4/13	100MW 第3サイクル 起動前	8.90E-02	5.90E-01	S.59 4/28	100MW 第3サイクル・原子炉起動後	8.50E+02
S.59 5/2	100MW 第3サイクル 起動後	8.50E-01	—	S.59 5/27	100MW 第3サイクル・定格運転中	1.00E+03
S.59 5/25	100MW 第3サイクル 定格運転中	7.00E-01	8.90E-01	S.59 6/14	100MW 第3サイクル・終了後燃交換	1.40E+03
S.59 6/18	100MW 第3サイクル 終了後燃交換	5.60E-01	2.50E-01	S.59 7/3	100MW 第4サイクル・原子炉起動後	1.40E+03
S.59 6/29	100MW 第4サイクル 起動後	1.40E+00	1.60E+00	S.59 7/29	100MW 第4サイクル・定格運転中	1.20E+03
S.59 7/19	100MW 第4サイクル 定格運転中	1.00E+00	1.00E+00	S.59 8/21	100MW 第4サイクル・終了後 燃交換	1.20E+03
S.59 8/18	100MW 第4サイクル 終了後燃交換	8.50E-01	1.00E+00	S.59 9/12	100MW 第5サイクル・原子炉起動後	1.20E+03
S.59 9/8	100MW 第5サイクル 起動後	2.60E+00	1.70E+00	S.59 9/26	100MW 第5サイクル・定格運転中	8.50E+02
S.59 9/28	100MW 第5サイクル 定格運転中	6.70E-01	1.10E+00	S.59 11/24	100MW 第6サイクル・原子炉起動前	1.40E+03
S.59 10/19	2次系C/T バイパス試験中	8.50E-01	5.60E-01	S.59 12/9	100MW 第6サイクル・原子炉起動後	1.70E+03
S.59 12/11	100MW 第6サイクル 起動中	5.90E-01	7.40E-01	S.59 12/22	100MW 第6サイクル・定格運転中	1.90E+03
S.60 1/11	100MW 第6サイクル 定格運転中	5.20E-01	5.60E-01	S.60 1/30	100MW 第6サイクル・終了後 燃交換	2.00E+03
S.60 1/24	100MW 第6サイクル 終了後燃交換	2.00E+00	1.70E+00	S.60 2/14	100MW 第7サイクル・原子炉起動後	1.90E+03
S.60 2/17	100MW 第7サイクル 起動後	9.60E-01	7.80E-01	S.60 3/7	100MW 第7サイクル・定格運転中	1.90E+03
S.60 3/1	100MW 第7サイクル 定格運転中	1.20E+00	1.10E+00	S.60 4/18	原子炉系統降温中急冷均等冷却試験	2.40E+03
S.60 5/31	2次系N <sub>a</sub> ドレン前	8.90E-01	9.60E-01	S.60 5/10	チューブ均等・急冷試験	2.30E+03
S.60 12/12	100MW 第8サイクル 起動後	8.90E-01	3.70E-01	S.60 10/25	2次N <sub>a</sub> 充填後	1.60E+03
S.61 1/19	100MW 第8サイクル 定格運転中	5.60E-01	4.10E-01	S.60 12/19	100MW 第8サイクル・定格運転中	1.10E+03
S.61 1/29	100MW 第8サイクル 終了後	7.80E-01	1.70E+00	S.61 1/29	100MW 第8サイクル・終了後 原子炉停止中	1.40E+03
S.61 3/3	100MW 第9サイクル 定格運転中	9.30E-01	1.00E+00	S.61 3/6	100MW 第9サイクル・定格運転中	1.70E+03
S.61 3/27	100MW 第9サイクル 定格運転中	1.40E+00	1.20E+00	S.61 4/13	100MW 第9サイクル・終了後	1.90E+03
S.61 4/12	100MW 第9サイクル 終了後	1.00E+00	1.10E+00	S.61 5/17	100MW 第10サイクル・定格運転中	2.50E+03
S.61 5/14	100MW 第10サイクル 定格運転中	1.50E+00	1.20E+00	S.61 6/22	100MW 第10サイクル・終了後	3.20E+03
S.61 6/27	100MW 第10サイクル 終了後	1.10E+00	1.40E+00	S.61 7/30	100MW 第11サイクル・定格運転中	2.80E+03
S.61 7/29	100MW 第11サイクル 定格運転中	2.30E+00	2.20E+00	S.61 9/3	100MW 第11サイクル・終了後	2.60E+03
S.61 9/2	100MW 第11サイクル 終了後	1.10E+00	1.20E+00	S.61 10/8	100MW 第12サイクル・定格運転中	2.90E+03
S.61 10/7	100MW 第12サイクル 定格運転中	1.30E+00	1.60E+00	S.61 12/9	N <sub>a</sub> ドレン前	2.90E+03
S.61 12/7	100MW 第12サイクル 終了後	1.20E+00	7.80E-01	S.62 6/23	停止中	7.00E+02
S.62 8/15	停止中	1.10E+01	1.10E+01	S.62 8/16	100MW 第13サイクル・起動前	7.40E+02
S.62 9/30	100MW 第13サイクル 定格運転中	1.60E+00	1.10E+00	S.62 10/7	100MW 第13サイクル・定格運転中	8.50E+02
S.62 11/20	100MW 第13サイクル 終了後	1.90E+00	7.40E-01	S.62 11/22	100MW 第14サイクル・起動前	8.10E+02
S.63 1/14	100MW 第14サイクル 定格運転中	1.30E+00	8.90E-01	S.62 12/10	100MW 第14サイクル・定格運転中	1.10E+03
S.63 2/27	100MW 第14サイクル 停止中	2.10E+00	2.10E+00	S.63 2/24	100MW 第14サイクル・終了後	1.80E+03
S.63 4/16	100MW 第15サイクル 定格運転中	1.10E+00	8.40E-01	S.63 4/10	100MW 第15サイクル・定格運転中	1.80E+03
S.63 7/26	100MW 第15サイクル 停止中	4.70E-01	3.80E-01	S.63 7/27	停止中	1.10E+03
S.63 9/5	100MW 第16サイクル 定格運転中	1.30E+00	8.00E-01	S.63 8/22	100MW 第16サイクル・定格運転中	1.00E+03
H.1 1/5	100MW 第17サイクル 起動前	9.20E-01	8.60E-01	H.1 1/7	第7回定検中	8.90E+02
H.1 3/27	100MW 第17サイクル 定格運転中	1.90E+00	1.70E+00	H.1 3/18	100MW 第17サイクル・定格運転中	1.20E+03
H.1 4/24	100MW 第18サイクル 起動前	3.10E+00	3.20E+00	H.1 4/25	停止中	1.30E+03
H.1 6/15	100MW 第18サイクル 定格運転中	1.90E+00	1.50E+00	H.1 6/10	100MW 第18サイクル・定格運転中	1.20E+03
H.1 7/17	100MW 第18サイクル 定格運転中	1.60E+00	1.60E+00	H.1 8/3	100MW 第18サイクル・終了後	2.00E+03
H.1 7/17	100MW 第18サイクル 定格運転中	1.30E+00	1.30E+00	H.1 10/12	100MW 第19サイクル・定格運転中	2.00E+03
H.1 8/6	100MW 第19サイクル 起動前	1.20E+00	1.60E+00	H.1 11/17	燃料交換中	2.10E+03
H.1 9/17	100MW 第19サイクル 定格運転中	1.30E+00	1.10E+00	H.1 12/13	100MW 第20サイクル・定格運転中	2.70E+03
H.1 11/13	燃交換	5.90E-01	7.60E-01	H.2 1/28	第8回定検中	2.90E+03
H.1 12/12	100MW 第20サイクル 定格運転中	6.00E-01	9.00E-01	H.2 8/25	100MW 第21サイクル・起動前	8.70E+02
H.2 1/25	第8回定検中	3.00E-01	3.00E-01	H.2 10/15	100MW 第21サイクル・定格運転中	9.10E+02
H.2 8/22	第8回定検中	4.80E+00	3.50E+00	H.2 12/12	100MW 第22サイクル・起動前	1.20E+02
H.2 10/14	100MW 第21サイクル 定格運転中	1.30E+00	1.30E+00	H.3 1/23	100MW 第22サイクル・定格運転中	9.40E+02
H.2 12/11	100MW 第22サイクル 起動前	8.60E-01	9.40E-01	H.3 3/25	100MW 第23サイクル・起動前	1.70E+03
H.3 1/22	100MW 第22サイクル 定格運転中	5.70E-01	6.30E-01	H.3 5/27	100MW 第23サイクル・定格運転中	2.00E+03
H.3 2/15	100MW 第22サイクル 終了後	6.70E-01	6.20E-01	H.3 9/19	停止中	1.50E+03
H.3 3/29	100MW 第23サイクル 定格運転中	6.60E-01	6.90E-01	H.3 11/18	第9回定検中	2.50E+03
H.3 5/7	100MW 第23サイクル 停止中	8.50E-01	7.60E-01	H.4 2/6	停止中	1.50E+03
H.3 9/19	停止中	4.50E-01	2.10E-01	H.4 4/15	100MW 第24サイクル・定格運転中	1.00E+03
H.3 11/19	停止中	2.80E-01	5.80E-01	H.4 8/12	停止中	1.30E+03
H.4 1/31	第9回定検中	3.70E+00	—	H.4 9/30	100MW 第25サイクル・定格運転中	1.70E+03
H.4 3/10	停止中	3.30E+00	3.80E+00	H.4 11/18	終了後 燃交換	2.00E+03
H.4 4/14	100MW 第24サイクル 定格運転中	1.40E+00	1.50E+00	H.4 12/13	100MW 第25サイクル・終了後	2.30E+03
H.4 8/9	停止中	7.00E-01	2.00E+00	H.5 1/13	100MW 第26サイクル・定格運転中	1.90E+03
H.4 9/29	100MW 第25サイクル 定格運転中	6.50E-01	1.40E+00	H.5 2/19	停止中	2.20E+03
H.4 11/18	停止中	4.70E+00	2.60E+00	H.5 3/15	100MW 第27サイクル・定格運転中	1.80E+03
H.4 12/13	停止中	1.40E+00	1.40E+00	H.5 4/5	100MW 第27サイクル・終了後	2.30E+03
H.5 1/11	100MW 第26サイクル 定格運転中	8.90E-01	6.80E-01	H.5 8/16	第10回定検中	1.40E+03
H.5 2/8	100MW 第26サイクル 終了後	3.50E-01	3.30E-01	H.5 11/8	第10回定検中	1.90E+03
H.5 3/18	100MW 第27サイクル 定格運転中	2.20E-01	9.50E-01	H.6 3/2	第10回定検中	9.00E+02
H.5 4/8	第10回定検中	1.50E+00	5.60E-01	H.6 8/16	100MW 第29サイクル・起動前	1.05E+03
H.5 8/17	第10回定検中	2.30E+00	1.90E+00	H.6 9/18	100MW 第29サイクル・定格運転中	1.20E+03
H.5 9/11	第10回定検中(2次系ドレン中)	1.50E-01	—	H.7 9/10	第11回定検中	3.50E+03
H.5 11/4	第10回定検中	4.30E+00	1.70E+01	H.8 6/15	第11回定検中・ナトリウム充填後	7.20E+02
H.5 11/9	第10回定検中	1.50E+01	1.20E+01	H.9 1/29	第11回定検中	4.80E+02
H.6 3/4	第10回定検中	2.70E+00	2.30E+00			
H.6 8/18	100MW 第29サイクル 起動前	2.80E+00	3.20E+00			
H.7 9/12	第11回定検中	6.20E-01	6.20E-01			
H.8 6/17	第11回定検中	1.50E+01	1.60E+01			
H.9 5/9	100MW 第30サイクル 定格運転中	5.10E-01	4.90E-01			
H.9 9/8	100MW 第31サイクル 定格運転中	5.90E-01	6.30E-01			
	平均値	1.68E+00	1.77E+00		平均値	1.52E+03

表7.2-1 解体・ナトリウム洗浄までの保管中におけるトリチウム濃度測定結果

採取日時	測定日時	測定ポイント	試料採取場所	サンプルガス	測定方法	トリチウム濃度	単位
2001/2/16 13:30	2001/2/16 13:30	2次冷却系プラギング計配管内部	Na処理室	アルゴンガス	ガスチェンバー法	4.40E-01	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/2/21 9:38	2001/2/21 9:50	DHX(A側)出口配管（切断済）保管中の配管内部	「常陽」 S-401	アルゴンガス	ガスチェンバー法	4.90E+00	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/2/21 9:42	2001/2/21 9:55	DHX(B側)出口配管（切断済）保管中の配管内部	「常陽」 S-420	アルゴンガス	ガスチェンバー法	2.40E+00	Bq/cm <sup>3</sup>

表7.2-2 (1/2) 解体、ナトリウム洗浄及び燃焼作業中における作業雰囲気のトリチウム濃度測定結果

採取日時	測定日時	測定ポイント	試料採取場所	サンプルガス	測定方法	作業雰囲気管理値 2.10E-01	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/2/16 13:15	2001/2/16 13:35	2次系プラギング計配管切断場所雰囲気	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/2/20 15:05	2001/2/20 15:15	2次系プラギング計配管解体、洗浄作業場所雰囲気	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/2/26 9:52	2001/2/26 10:12	主IHX(A)接続 2次系出口配管切断部雰囲気	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/2/26 9:50	2001/2/26 10:12	主IHX(B)接続 2次系出口配管切断部雰囲気	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/2/26 13:30	2001/2/26 13:50	主IHX(A)接続 2次系出口配管スチーム洗浄中雰囲気	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/2/26 13:35	2001/2/26 13:30	主IHX(B)接続 2次系出口配管スチーム洗浄中雰囲気	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/3/26 15:10	2001/3/26 15:38	主IHX(A,B)接続 2次系配管内Na搔き出し物SUS缶開放時の雰囲気	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/3/26 15:15	2001/3/26 15:38	主IHX(A,B)接続 2次系配管内Na搔き出し物燃焼時の雰囲気	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/4/3 10:13	2001/4/3 10:50	DHX本体2B伝熱管切断時雰囲気①	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/4/3 10:10	2001/4/3 10:50	DHX本体2B伝熱管切断時雰囲気②	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/4/3 14:00	2001/4/3 14:20	DHX本体2B伝熱管洗浄時雰囲気①	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/4/3 13:35	2001/4/3 14:20	DHX本体2B伝熱管洗浄時雰囲気②	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/4/5 14:40	2001/4/7 15:05	DHX本体2B伝熱管燃焼時雰囲気①	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/4/5 14:47	2001/4/7 15:05	DHX本体2B伝熱管燃焼時雰囲気②	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/4/18 9:20	2001/4/18 9:50	DHX本体2A伝熱管切断時雰囲気①	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/4/18 9:20	2001/4/18 9:50	DHX本体2A伝熱管切断時雰囲気②	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/4/18 10:30	2001/4/18 10:50	DHX本体2A伝熱管洗浄時雰囲気①	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/4/18 10:30	2001/4/18 10:50	DHX本体2A伝熱管洗浄時雰囲気②	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/4/18 14:00	2001/4/18 14:20	DHX本体2A伝熱管燃焼時雰囲気①	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/4/18 14:00	2001/4/18 14:20	DHX本体2A伝熱管燃焼時雰囲気②	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下	Bq/cm <sup>3</sup>

表7.2-2 (2/2) 解体、ナトリウム洗浄及び燃焼作業中における作業雰囲気のトリチウム濃度測定結果

				作業雰囲気管理値	2.10E-01	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/5/7 9:15	2001/5/7 9:35	DHX本体1B伝熱管切断時雰囲気①	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下
2001/5/7 9:15	2001/5/7 9:35	DHX本体1B伝熱管切断時雰囲気②	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下
2001/5/7 11:55	2001/5/7 11:15	DHX本体1B伝熱管洗浄時雰囲気①	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下
2001/5/7 10:55	2001/5/7 11:15	DHX本体1B伝熱管洗浄時雰囲気②	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下
2001/5/7 15:00	2001/5/7 15:15	DHX本体1B伝熱管燃焼時雰囲気①	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下
2001/5/7 15:00	2001/5/7 15:15	DHX本体1B伝熱管燃焼時雰囲気②	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下
2001/5/17 14:25	2001/5/17 14:48	DHX本体1A伝熱管切断時雰囲気①	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下
2001/5/17 14:28	2001/5/17 14:48	DHX本体1A伝熱管切断時雰囲気②	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下
2001/5/18 10:38	2001/5/18 11:35	DHX本体A系 2次側出口配管キャップ取り外し時雰囲気	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下
2001/5/18 10:40	2001/5/18 11:35	DHX本体A系 2次側入口配管キャップ取り外し時雰囲気	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下
2001/5/18 10:50	2001/5/18 11:40	DHX本体1A伝熱管スチーム洗浄時雰囲気	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下
2001/5/18 10:55	2001/5/18 11:43	DHX本体1A伝熱管燃焼時雰囲気①	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下
2001/5/18 11:03	2001/5/18 11:42	DHX本体1A伝熱管燃焼時雰囲気②	Na処理室	空気	ガスチェンバー法	2.10E-01以下

表7.2-3 ナトリウム洗浄廃液中のトリチウム濃度測定結果

試料搬入日	件名	試料名	試料採取場所	試料No.	分析成分	サンプル形式	分析結果	単位
2001/4/11	主冷却器(2B)配管洗浄時の廃液トリチウム評価	洗浄廃液	Na処理室 廃液中和槽廃液	1	トリチウム	液体	2.8	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/4/20	主冷却器(2A)配管洗浄時の廃液トリチウム評価	洗浄廃液	Na処理室 廃液中和槽廃液	1	トリチウム	液体	10.7	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/4/23	主冷却器(2A)配管洗浄時の廃液トリチウム評価	洗浄廃液	Na処理室 廃液中和槽廃液	1	トリチウム	液体	9.1	Bq/cm <sup>3</sup>
			Na処理室 排煙設備水槽	2	トリチウム	液体	8.5	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/4/27	主冷却器(2A)配管洗浄時の廃液トリチウム評価	洗浄廃液	Na処理室 廃液中和槽廃液	1	トリチウム	液体	8.7	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/5/11	主冷却器(1B)配管洗浄時の廃液トリチウム評価	洗浄廃液	Na処理室 廃液中和槽廃液	1	トリチウム	液体	4.8	Bq/cm <sup>3</sup>
2001/5/18	主冷却器 (1B) 配管洗浄時の廃液トリチウム評価	洗浄廃液	Na処理室 廃液中和槽廃液	1	トリチウム	液体	5.8	Bq/cm <sup>3</sup>

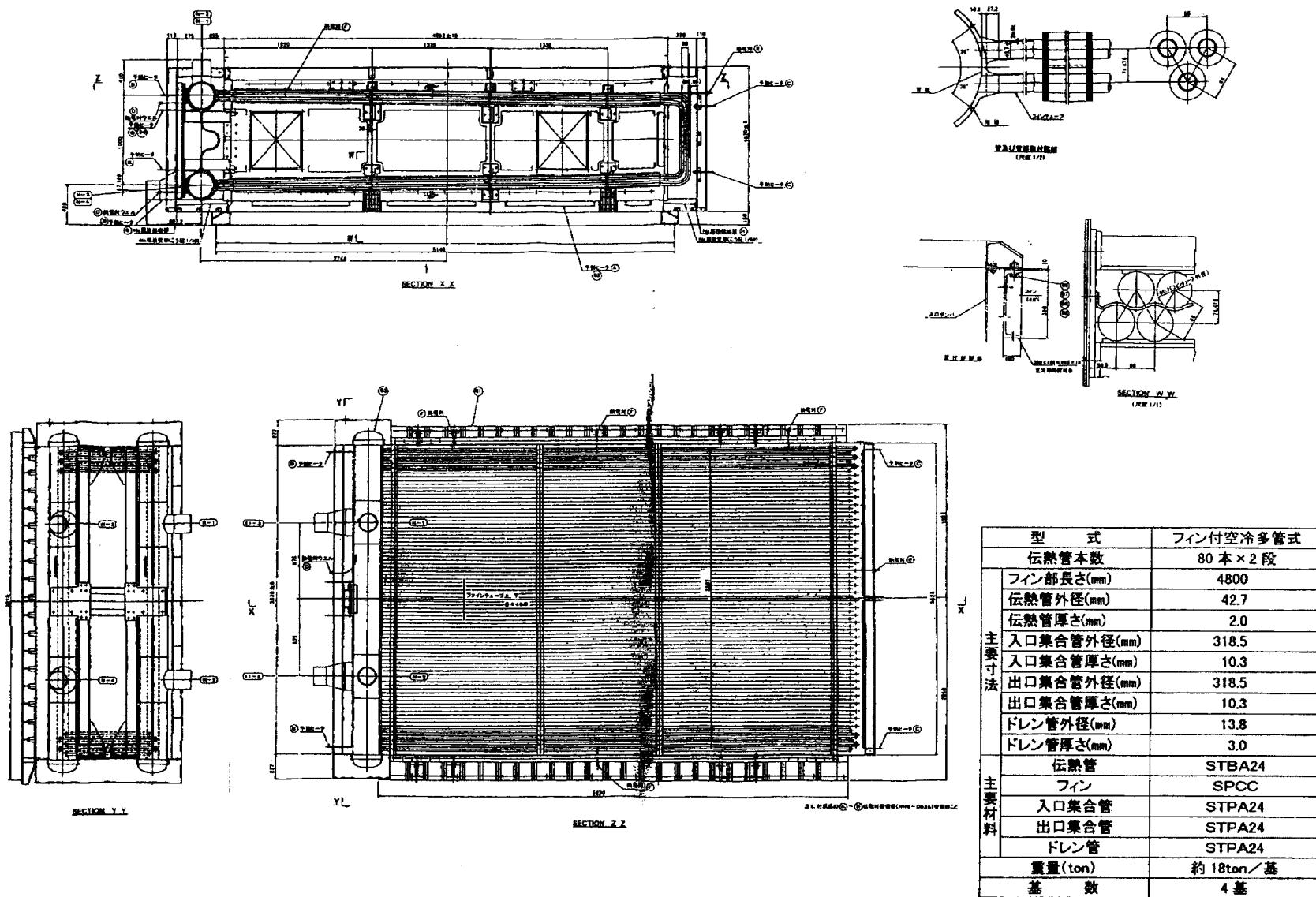
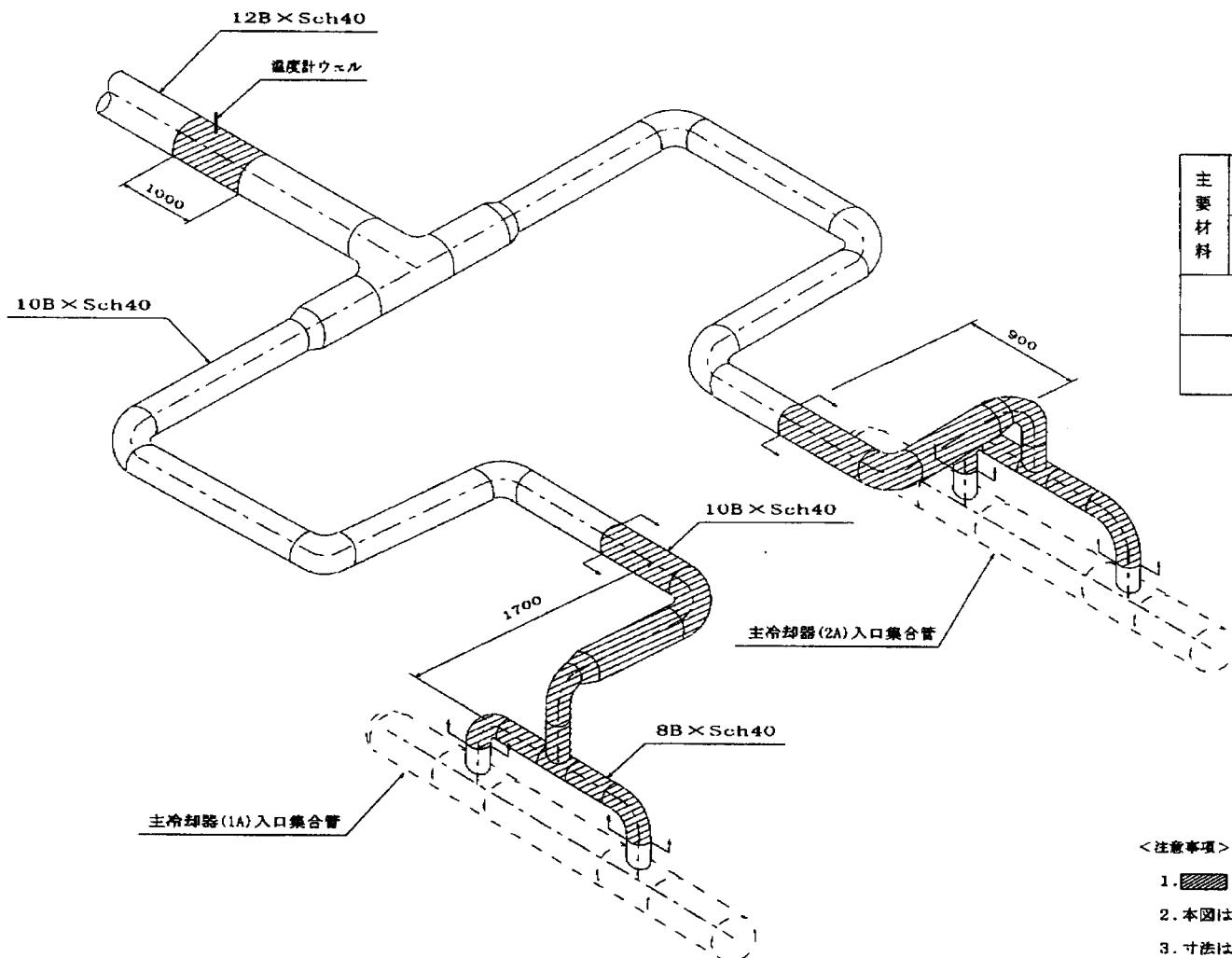


図 2.1-1 主冷却器の構造図



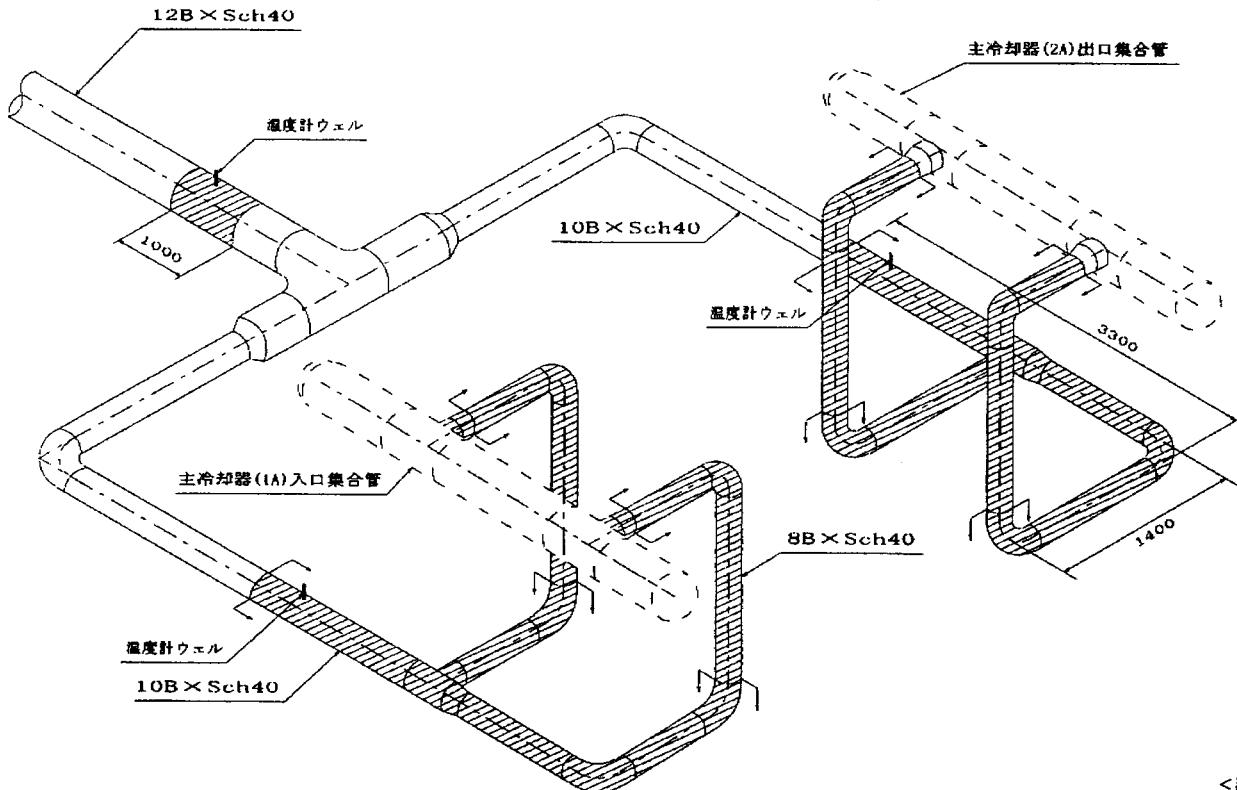
主要材料	主冷却器入口側配管	S T P A 2 4
	温度計ウェル	SFVAF22B相当品
重量(ton)	約1ton/ループ*	
数量	2ループ分	

\*: 対象範囲の重量を示す。

<注意事項>

1. ■ : 洗浄・解体作業対象配管
2. 本図は、Aループを示しており、Bループも同様な構造となっている。
3. 尺法は概略値を示す。
4. □ : MK一回改造工事で撤去する際の分割予定部

図 2.1-2 主冷却器入口側接続配管の配置図



主要 材 料	主冷却器入口側配管	S T P A 2 4
	温度計ウェル	SFVAF22B相当品
重 量(ton)	約 1ton/ループ*	
数 量	2ループ分	

\*: 対象範囲の重量を示す。

<注意事項>

1. : 洗浄・解体作業対象配管
2. 本図は、Aループを示しており、Bループも同様な構造となっている。
3. 尺寸は概略値を示す。
4. : MK-直改造工事で撤去する際の分割予定部

図 2.1-3 主冷却器出口側接続配管の配置図

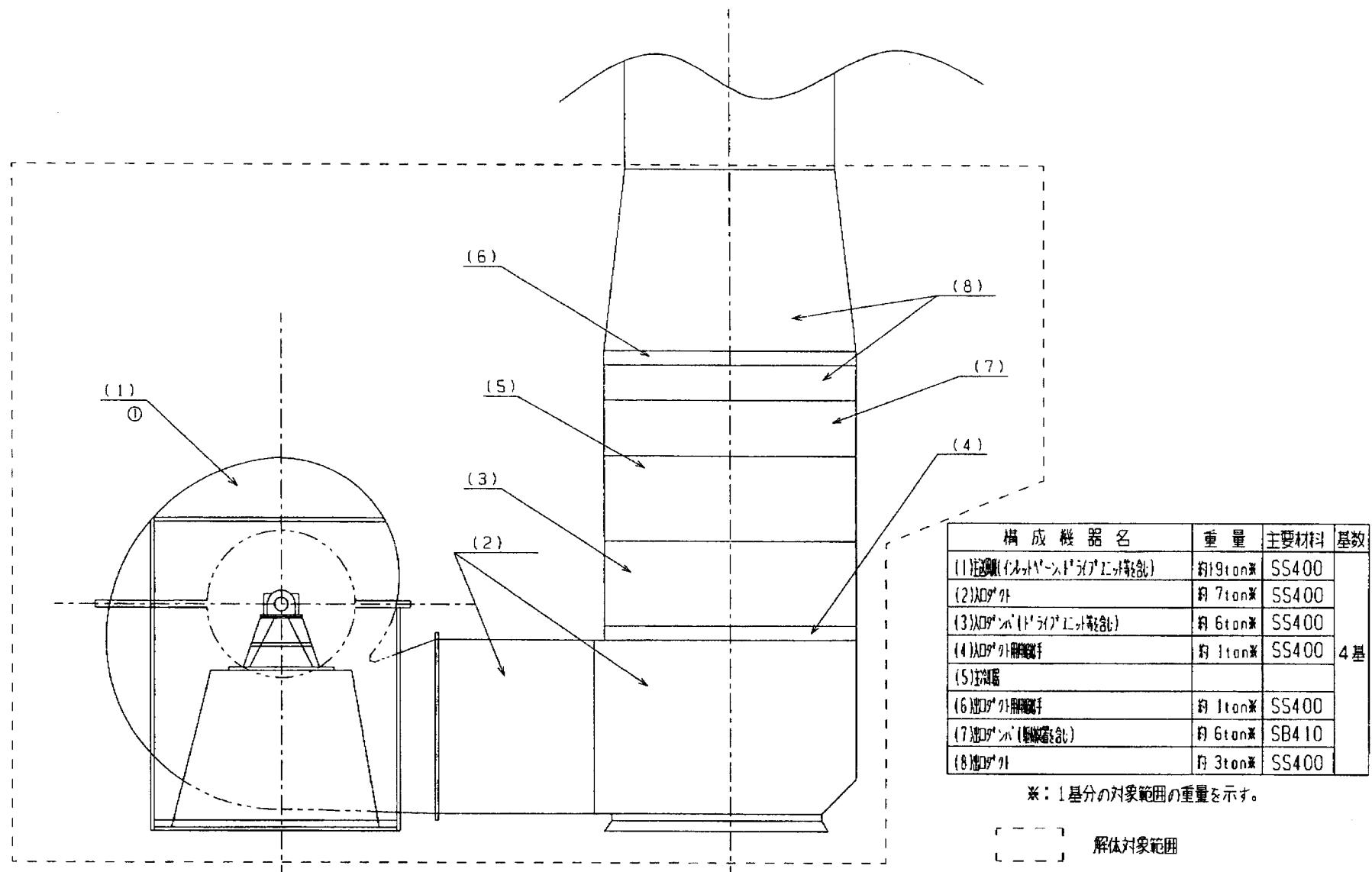


図 2.2-1 主送風機設備の概略図

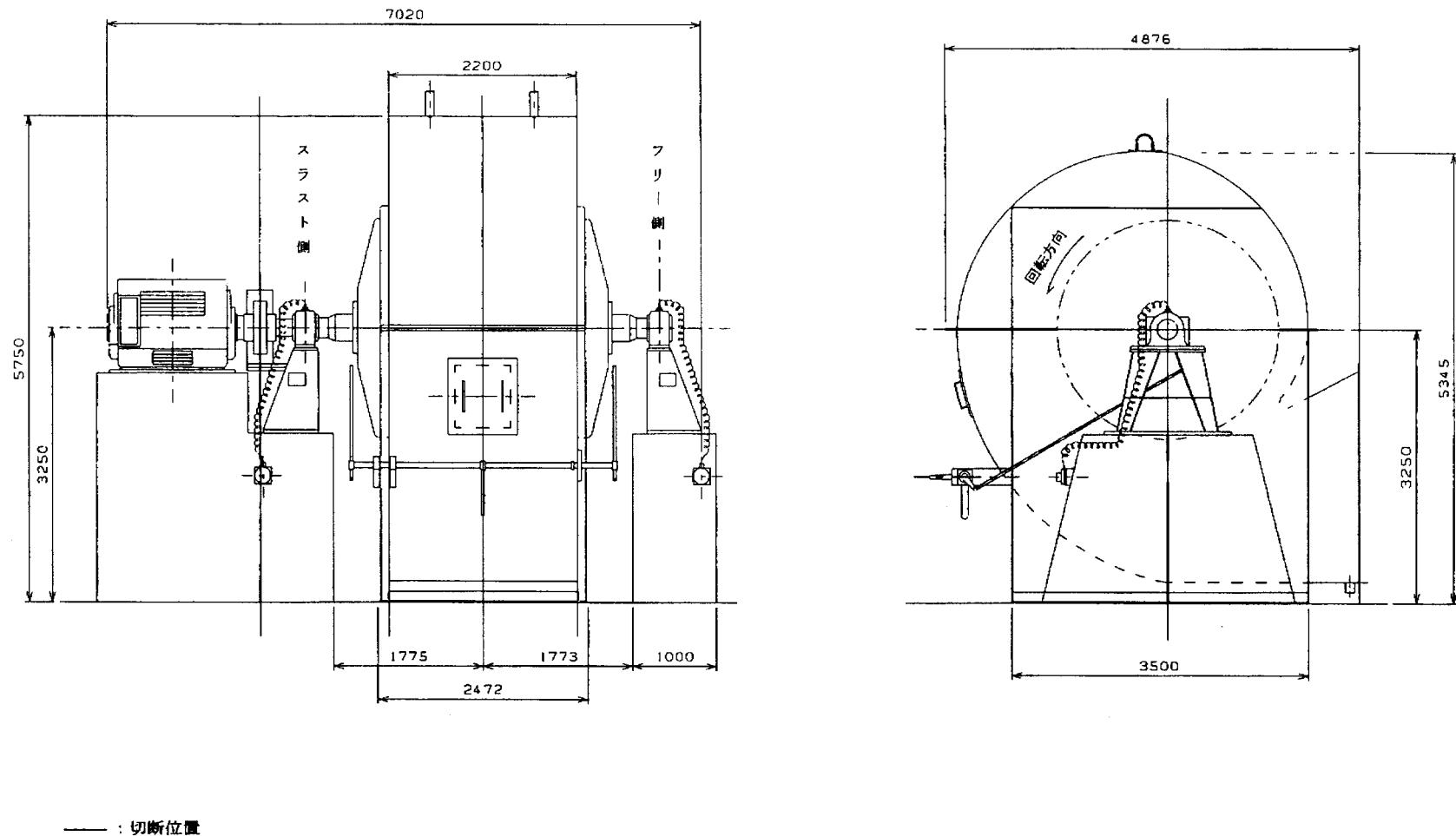


図 2.2-2 主送風機の構造図

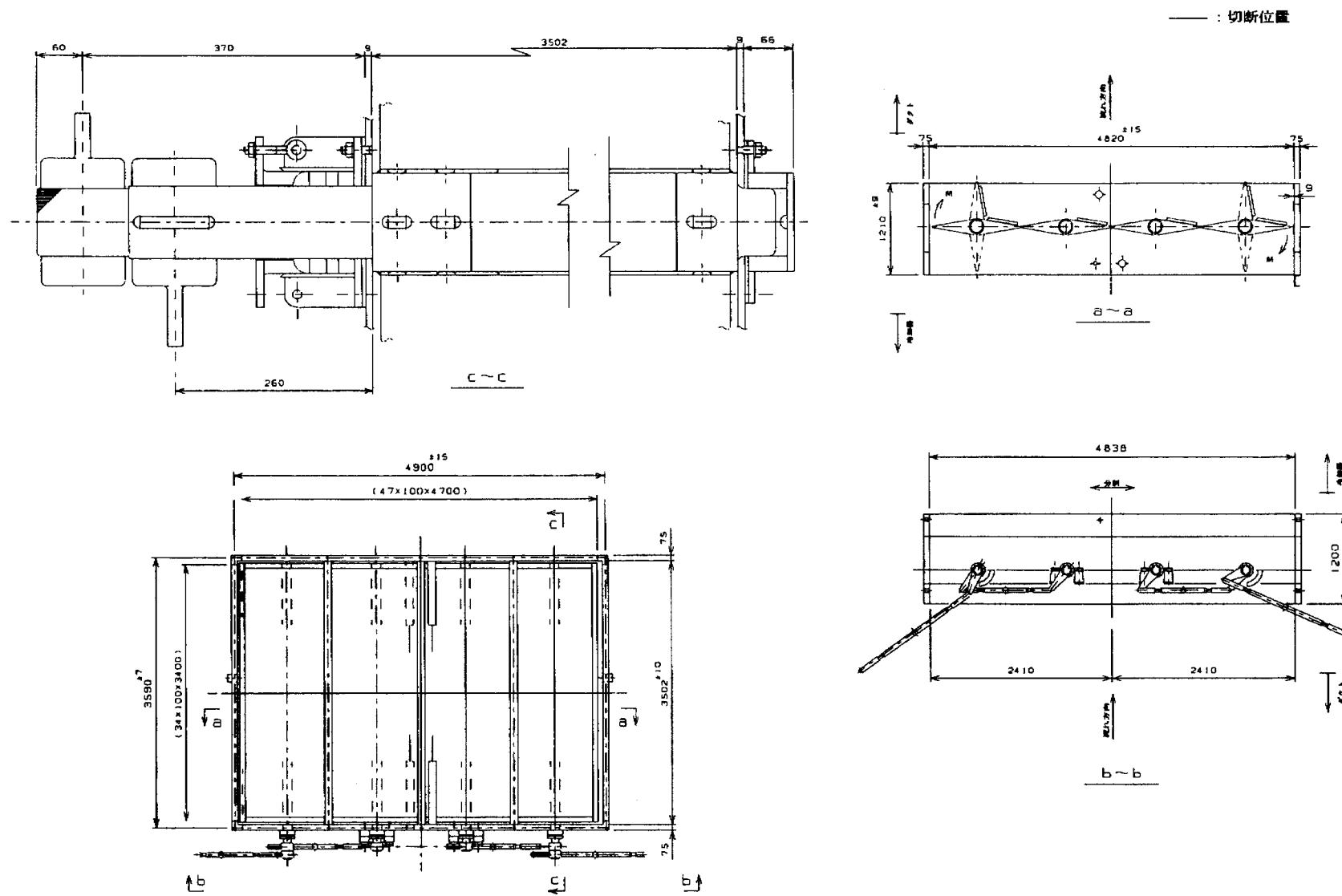


図 2.2-3 入口ダンパの構造図

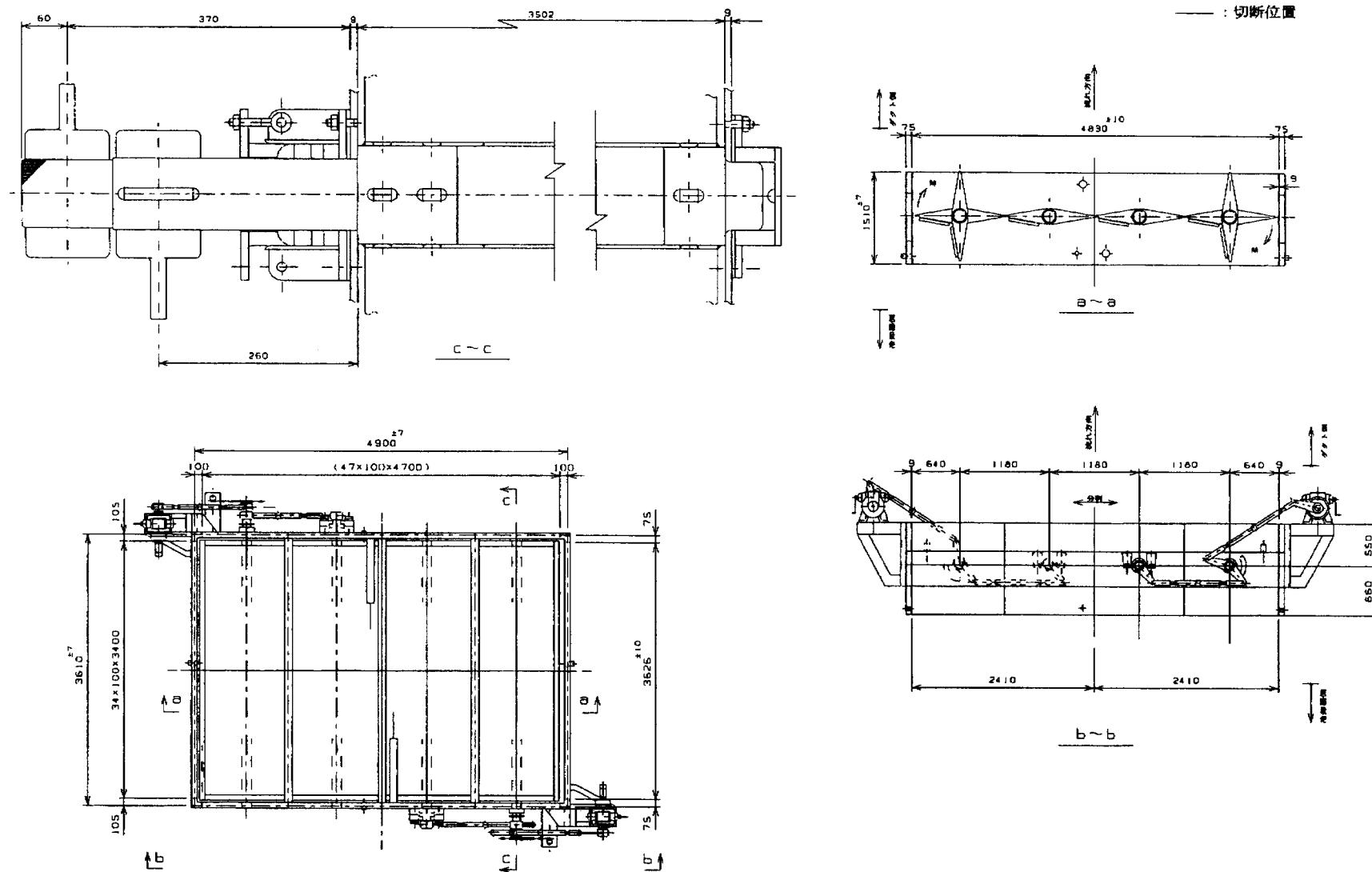


図 2.2-4 出口ダンパーの構造図

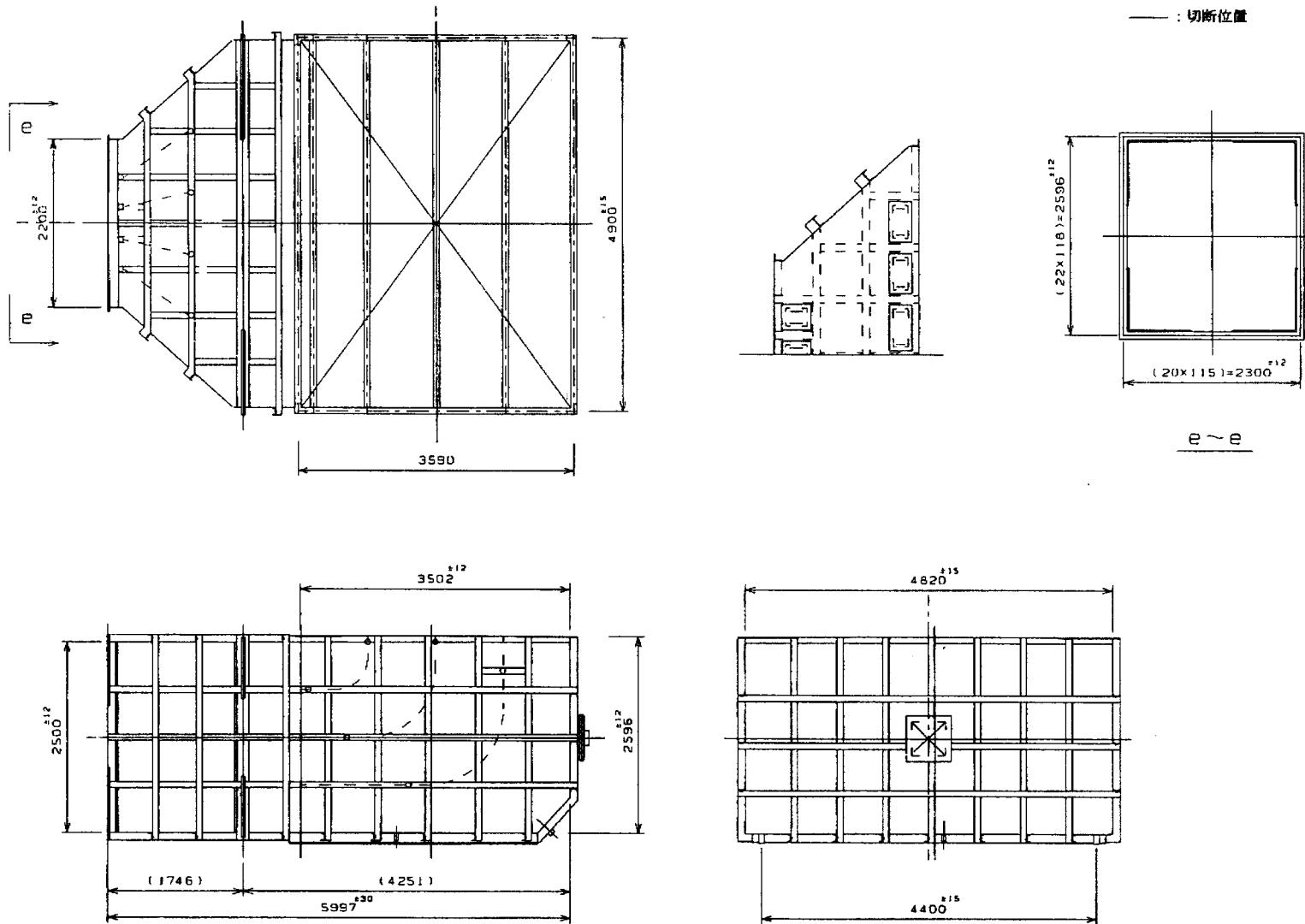


図 2.2-5 入口ダクトの構造図

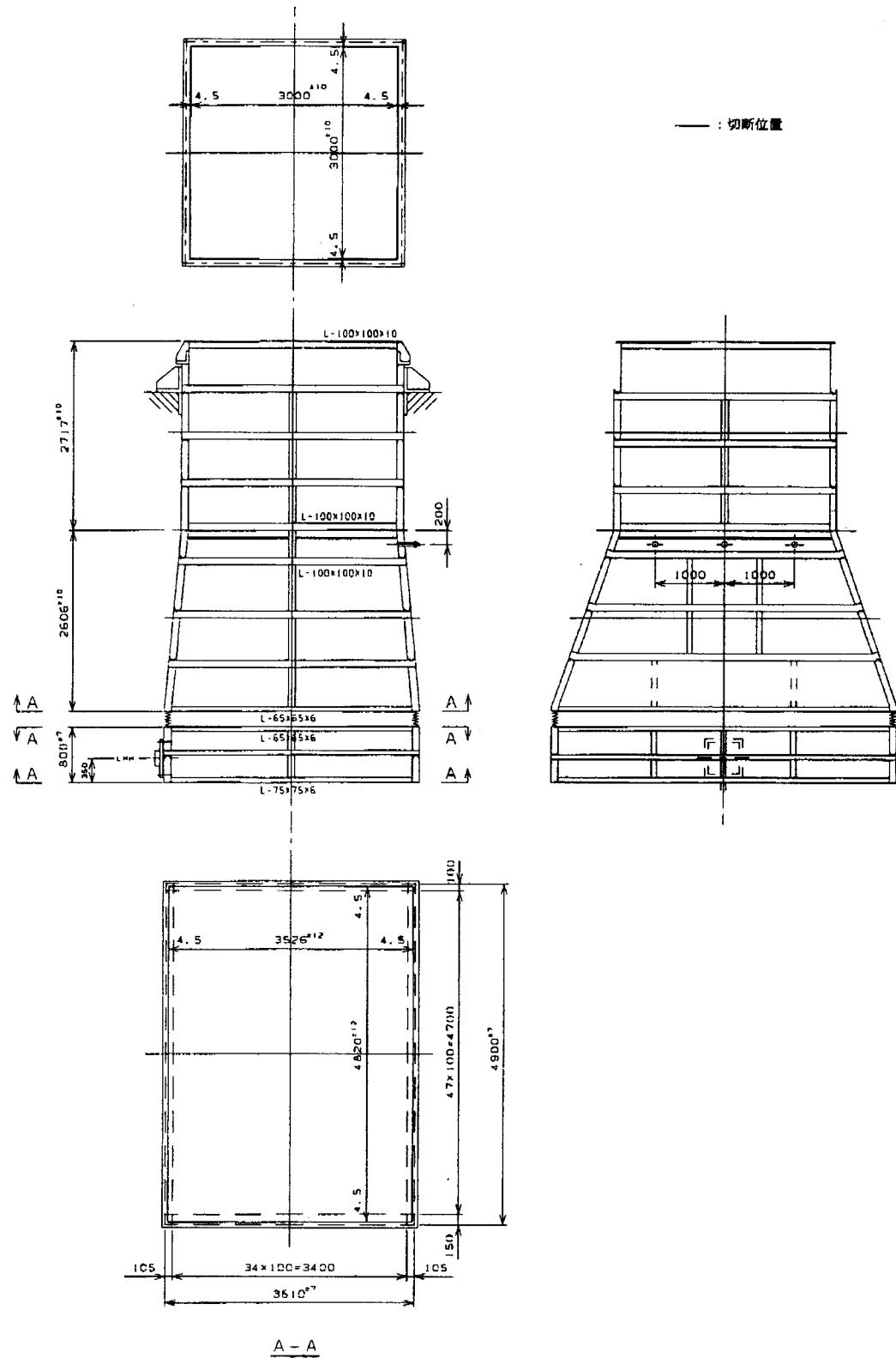


図 2.2-6 出口ダクトの構造図

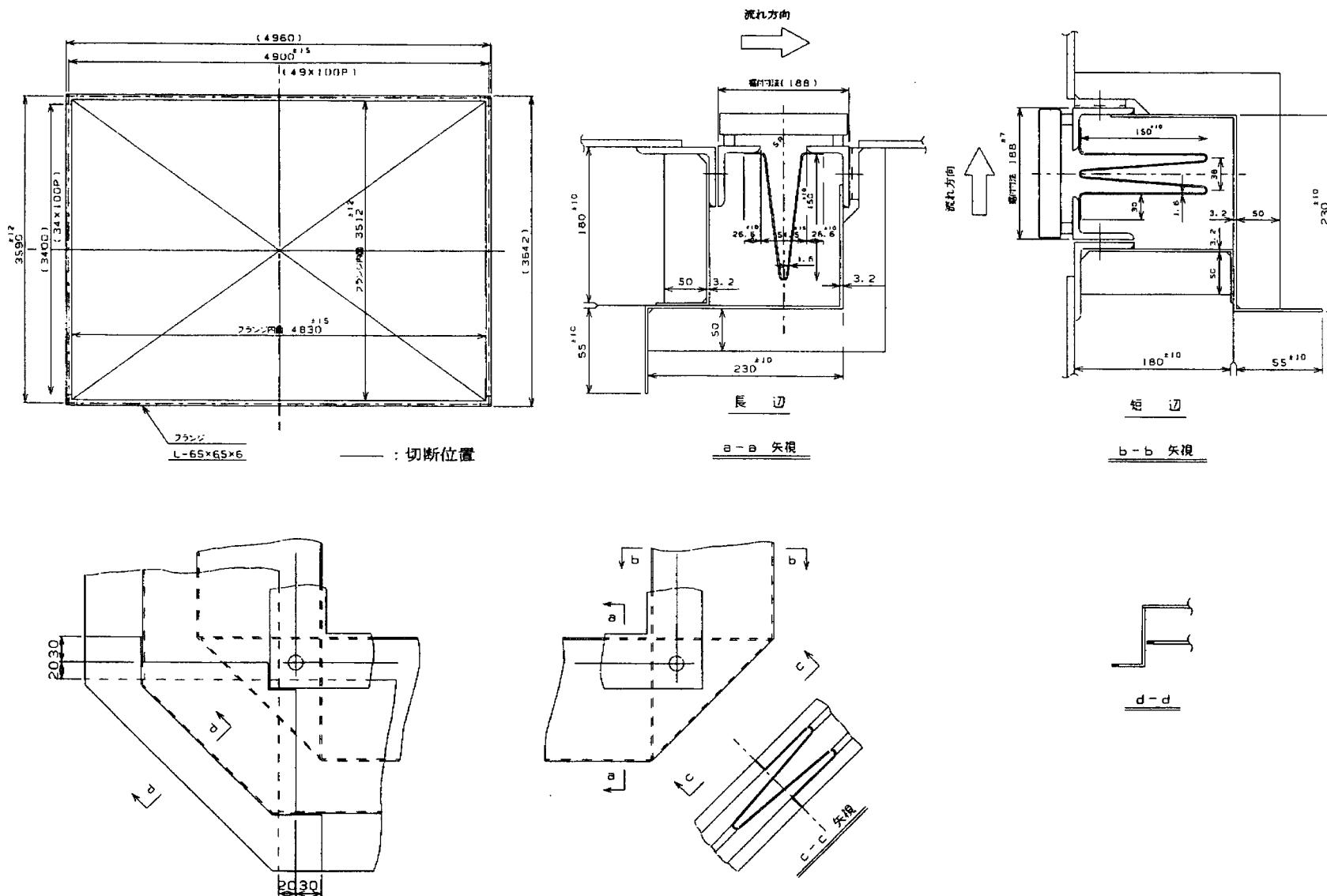


図 2.2-7 入口ダクト用伸縮継手の構造図

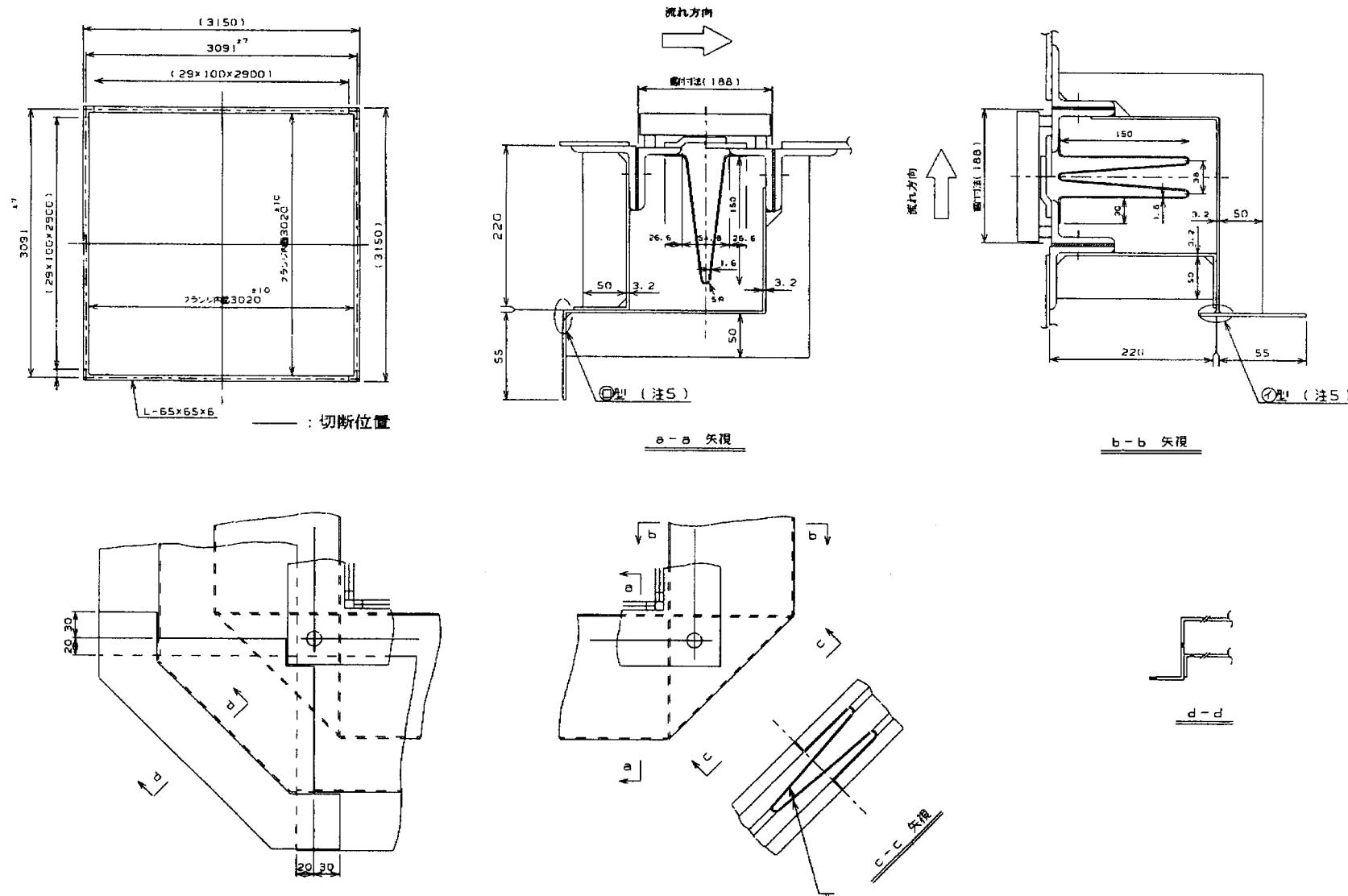


図 2.2-8 出口ダクト用伸縮継手の構造図

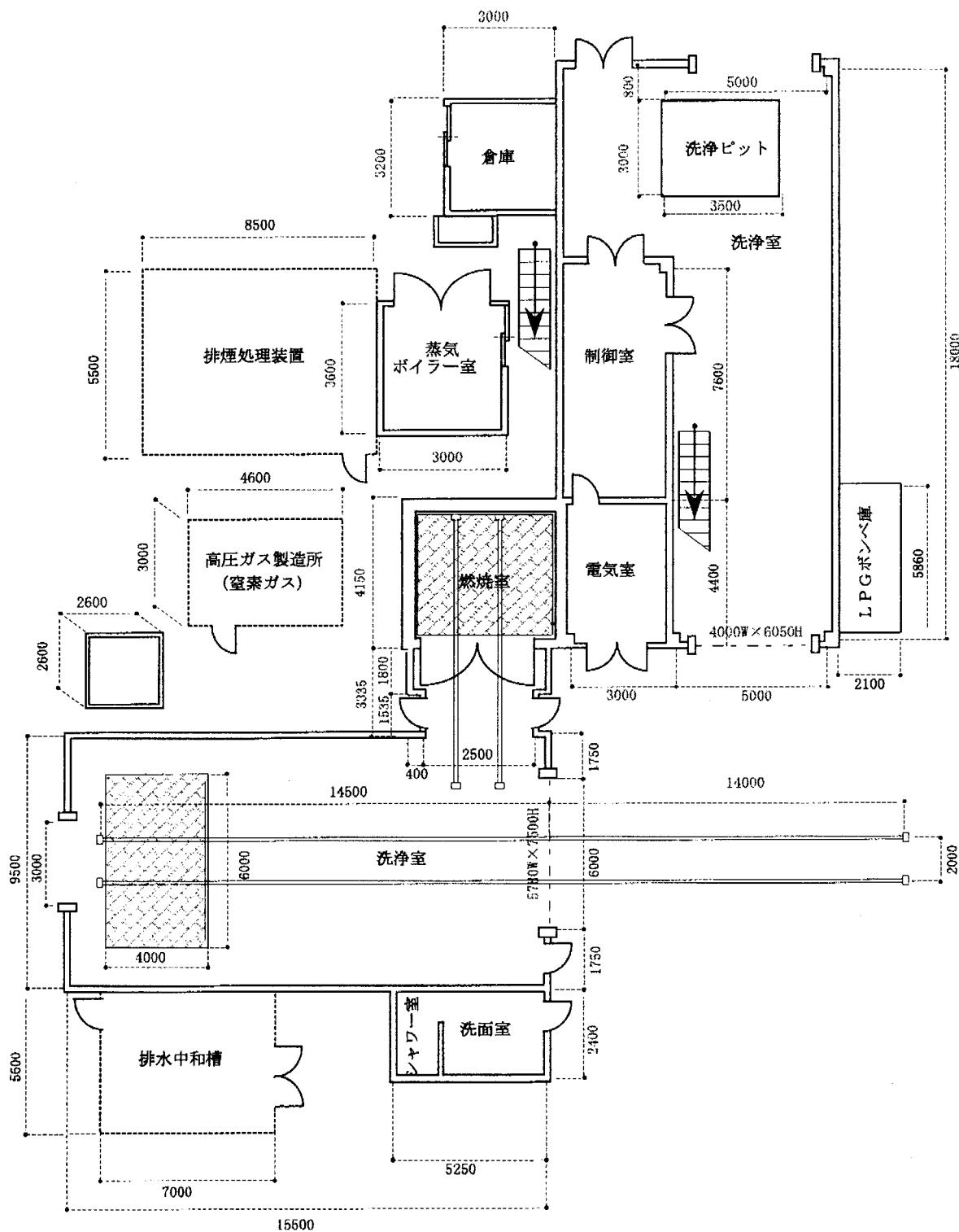


図 4.1-1 (1/2) ナトリウム処理室の構造図 (平面図)

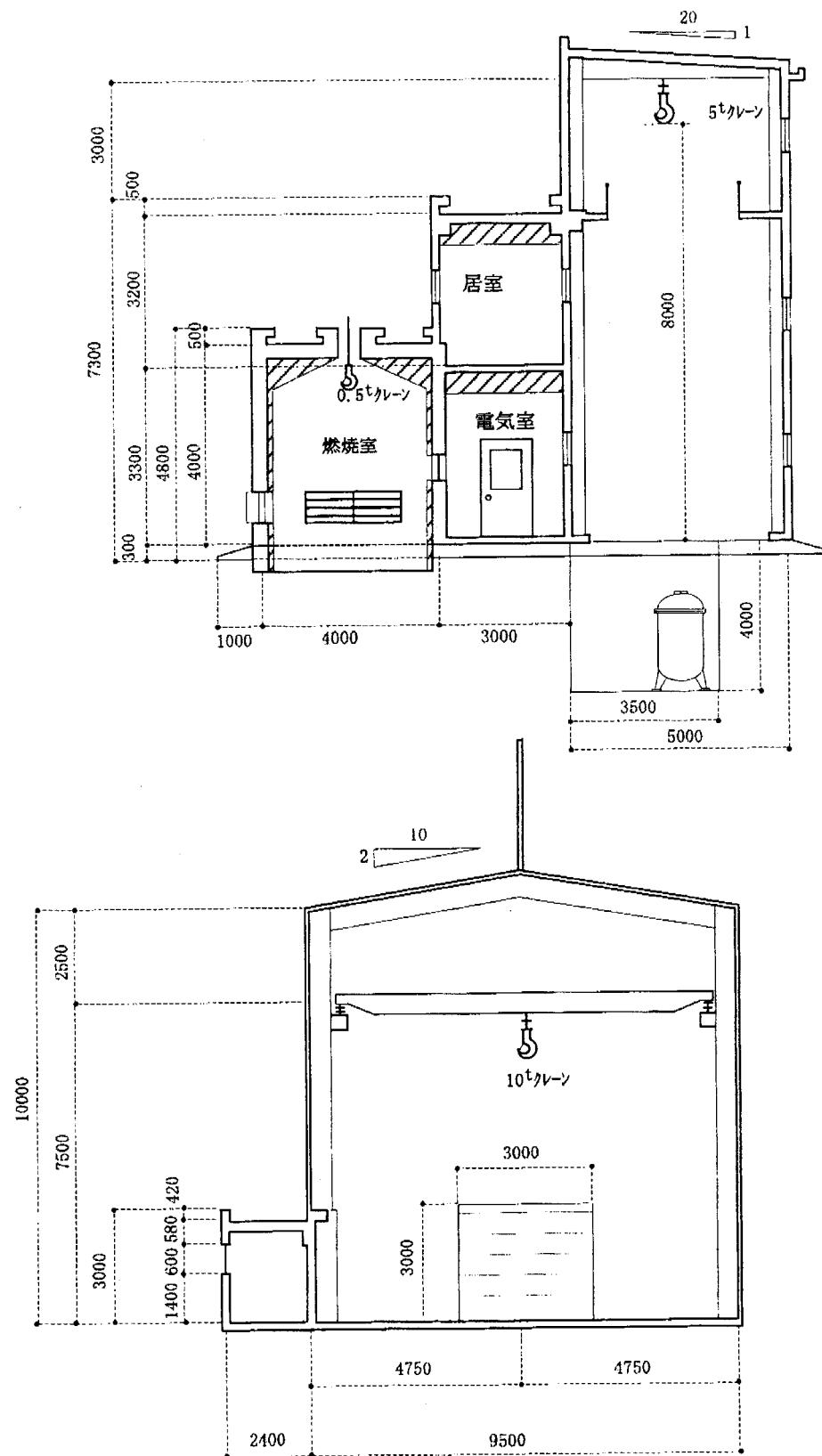


図 4.1-1 (2/2) ナトリウム処理室の構造図 (断面図)

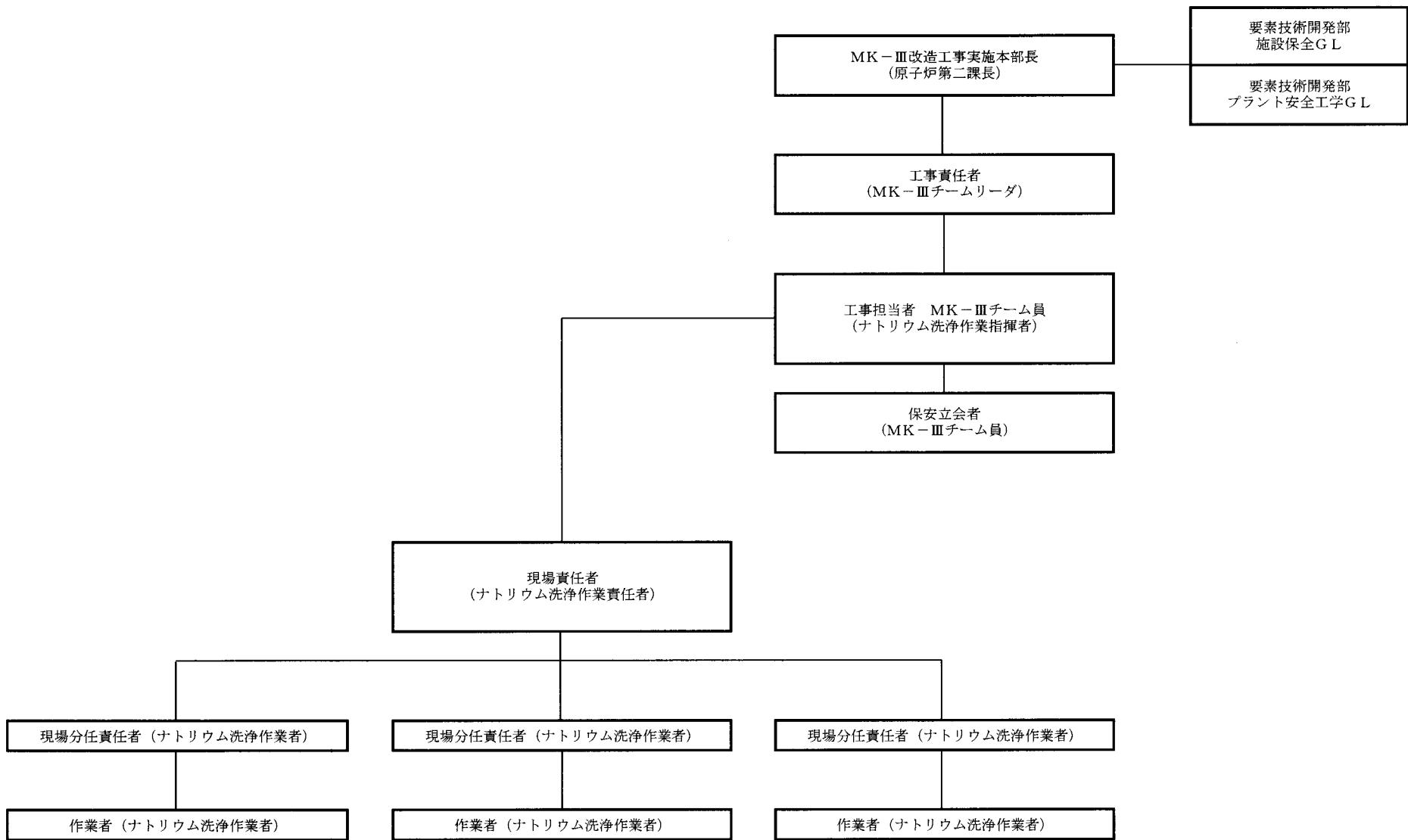


図4.4-1 2次系撤去機器の解体・ナトリウム洗浄作業の作業体制

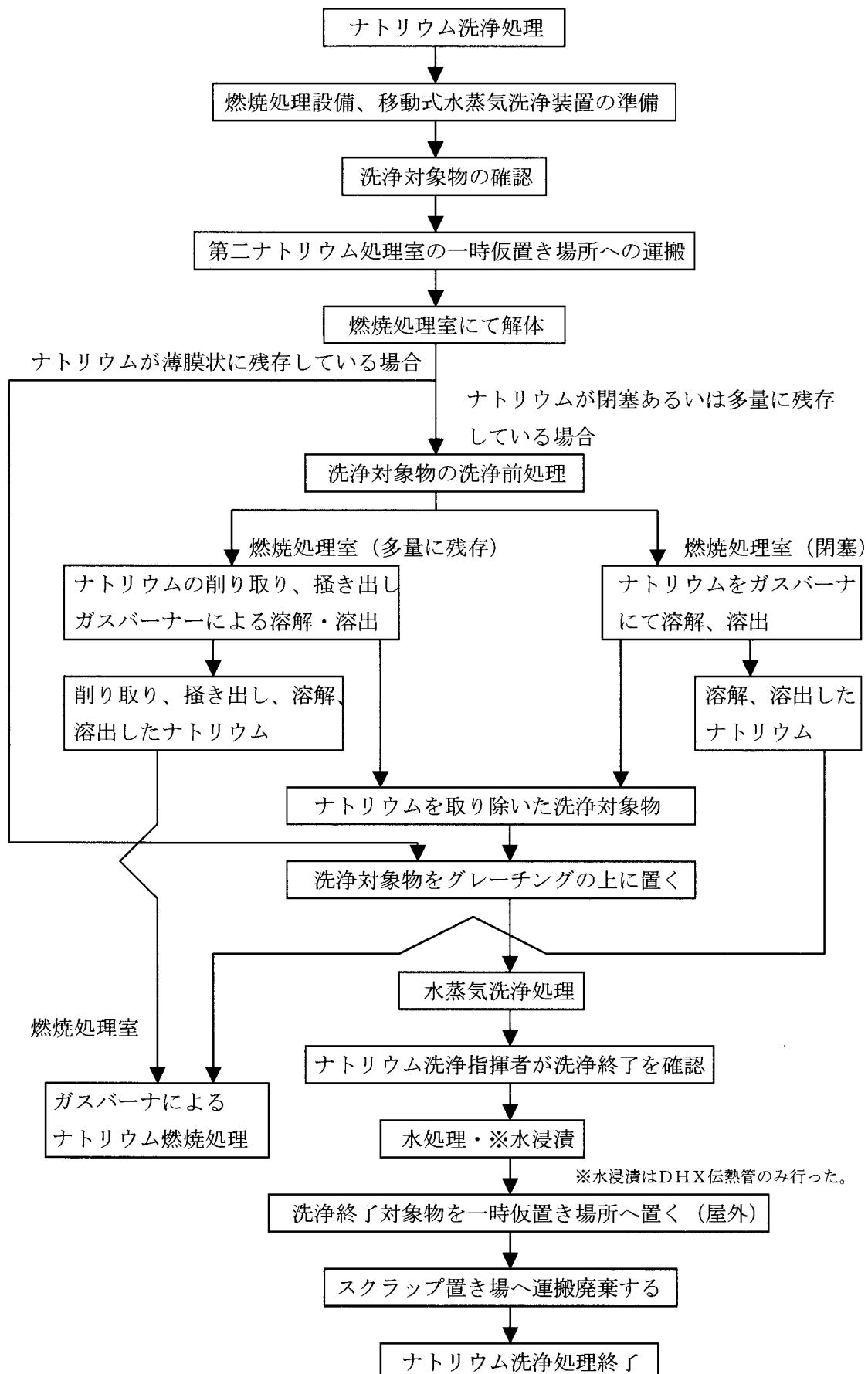
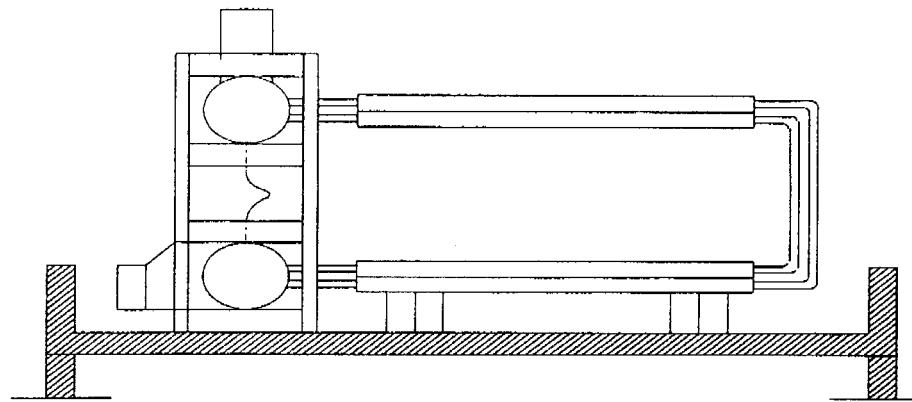


図 5-1 ナトリウム洗浄処理の全体作業フロー

①伝熱管部付属品の解体

- ・予熱ヒータ
- ・伝熱管支持金具
- ・熱電対等

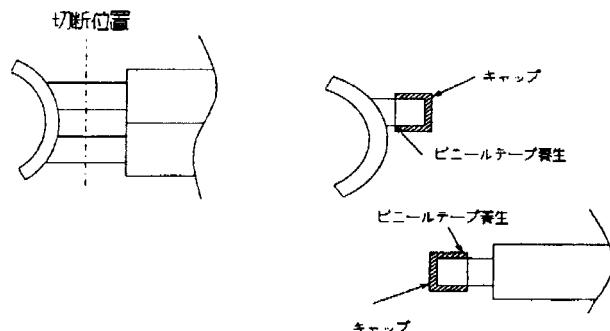


②伝熱管の切り離し（上部、下部）

- ・N a 入口集合管切断部養生
- ・N a 出口集合管切断部養生
- ・伝熱管切断部養生

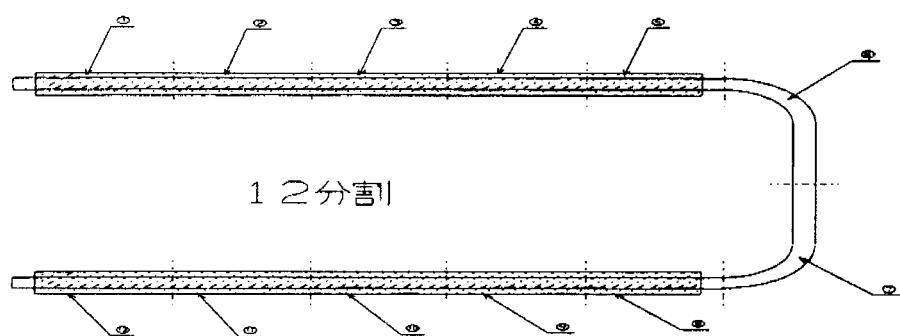
③伝熱管の引抜き

- ・1本ずつ引抜く
- ・引抜き後、所定のトレイへ運搬



④伝熱管切断

- ・切断位置のマーキング（1 m目安）
- ・切断後、グレーチング上へ運搬



⑤ナトリウム洗浄前処理

- ・グレーチング上に幅 2500mmを目安として、切断した伝熱管を並べる。  
(枕木を用いて、傾斜を付ける。伝熱管は1段積み。)
- ・水蒸気洗浄実施

図 5.1-1 主冷却器伝熱管の解体手順及びナトリウム洗浄前処理

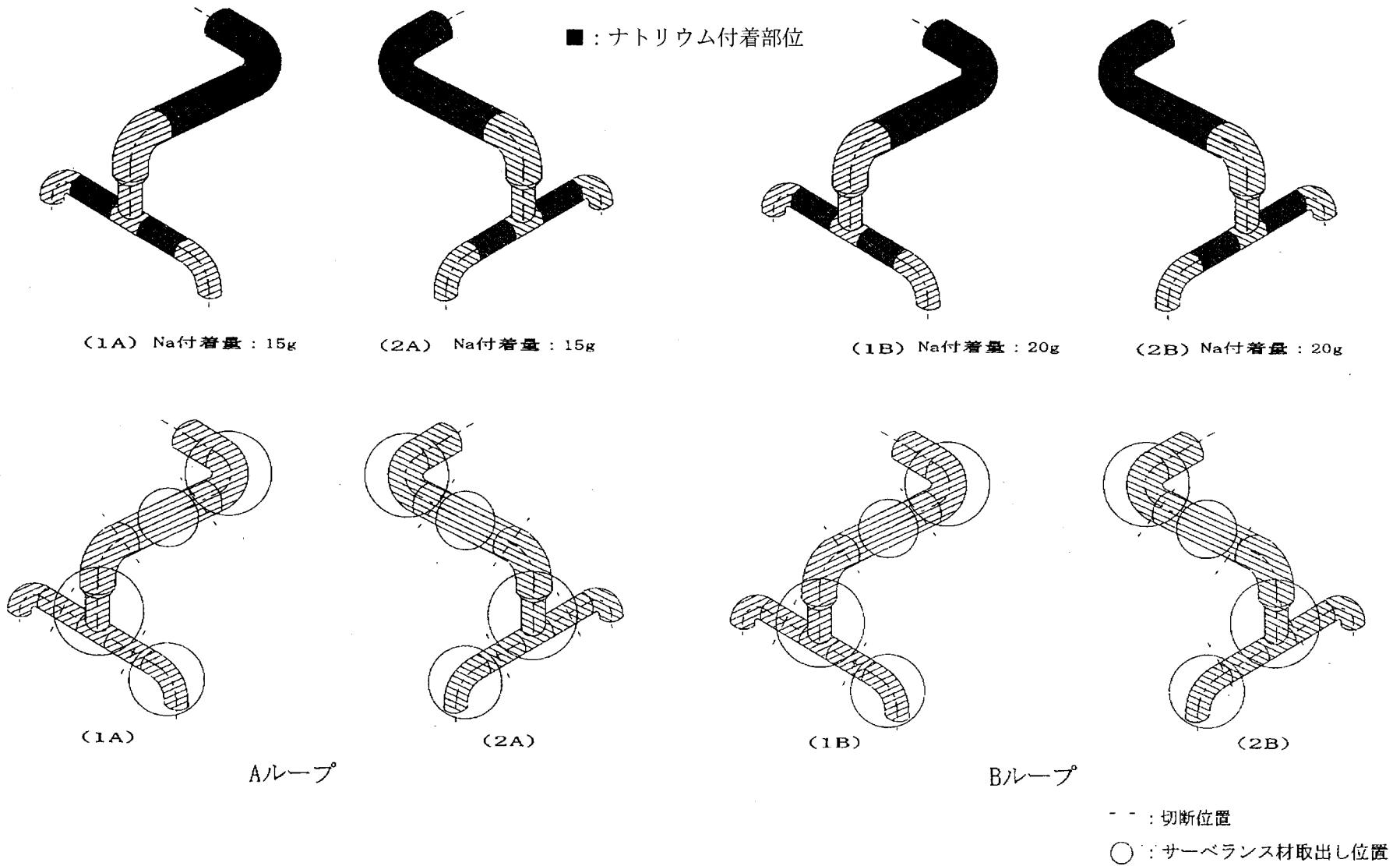


図 5.2-1 主冷却器入口側接続配管のナトリウム付着部位、サーベランス材取り出し及び切断位置

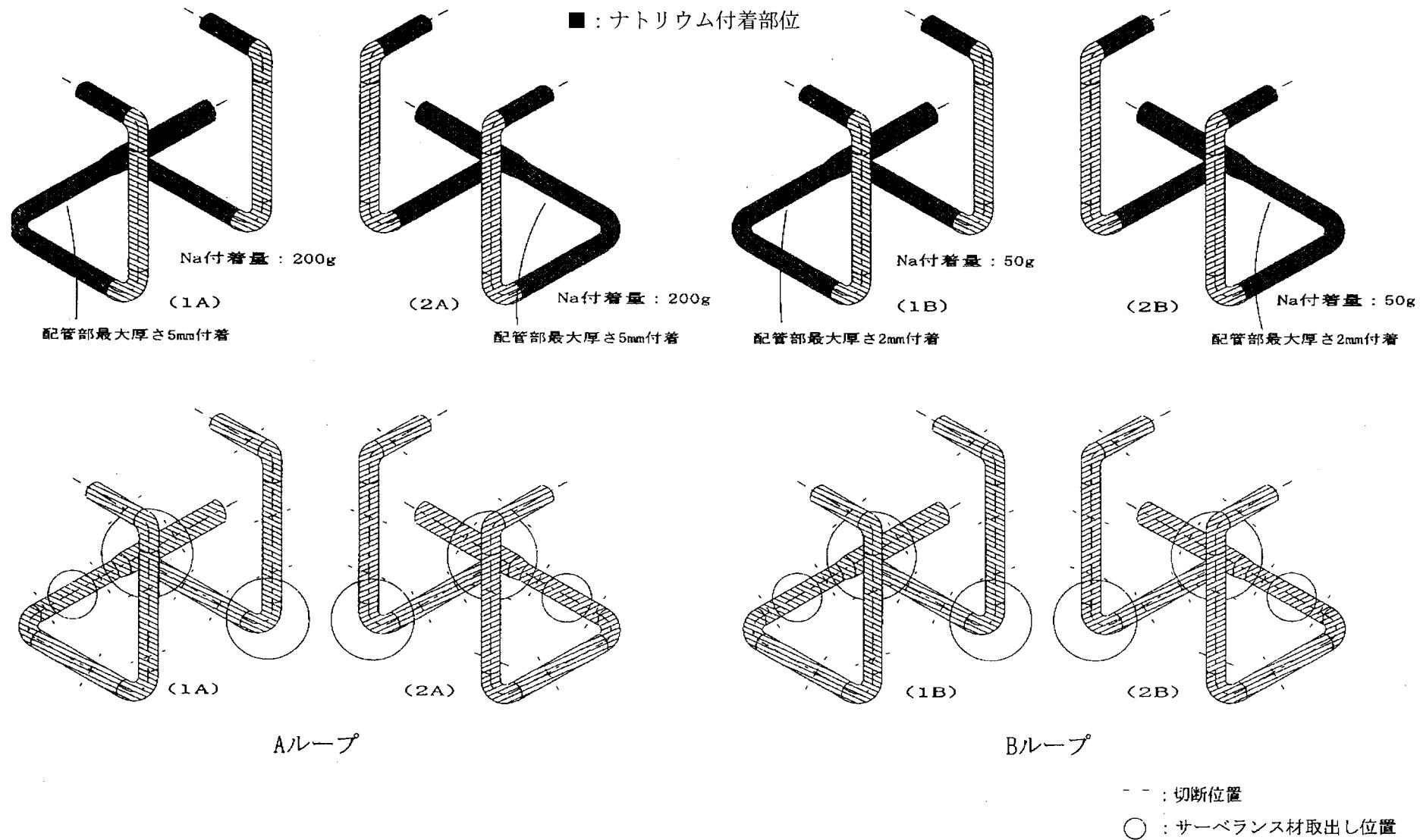
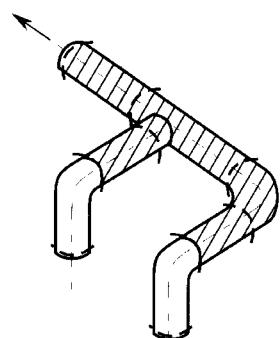
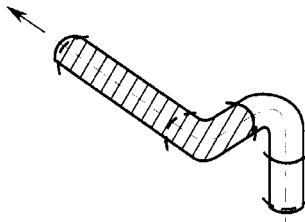
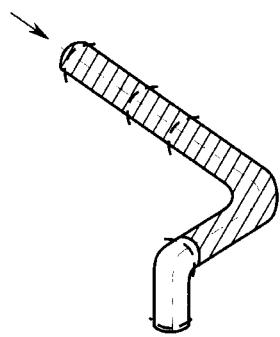
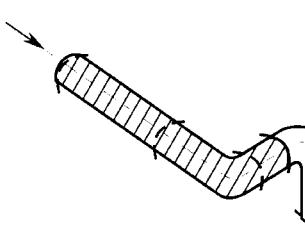


図 5.2-2 主冷却器出口側接続配管のナトリウム付着部位、サーベランス材取り出し及び切断位置

2次冷却系配管（出口）2次冷却系配管（出口）

ナトリウム付着量 : 200g  
(配管下部に最大厚さ5mm付着)

ナトリウム付着量 : 4800g  
(配管下部に最大厚さ50mm付着)

2次冷却系配管（入口）2次冷却系配管（入口）

ナトリウム付着量 : 100g  
(配管下部に最大厚さ3mm付着)

ナトリウム付着量 : 300g  
(配管下部に最大厚さ10mm付着)

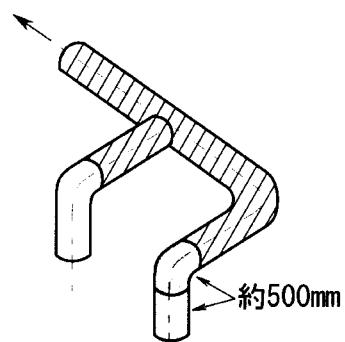
— — — 切断位置（長さ約1mで切断）

Aループ

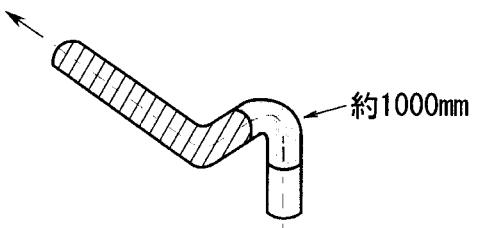
////// ナトリウム付着部位

Bループ

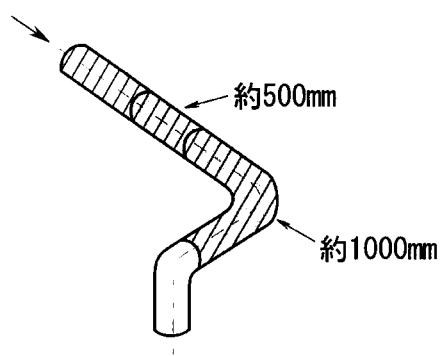
図 5.3-1 主中間熱交換器 2 次側接続配管のナトリウム付着部位と切断位置

2次冷却系配管（出口）

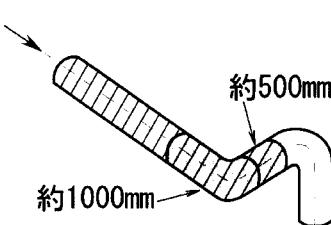
ナトリウム付着量 : 4800g  
(配管下部に最大厚さ50mm付着)

2次冷却系配管（出口）

ナトリウム付着量 : 200g  
(配管下部に最大厚さ5mm付着)

2次冷却系配管（入口）

ナトリウム付着量 : 300g  
(配管下部に最大厚さ10mm付着)

2次冷却系配管（入口）

ナトリウム付着量 : 100g  
(配管下部に最大厚さ3mm付着)

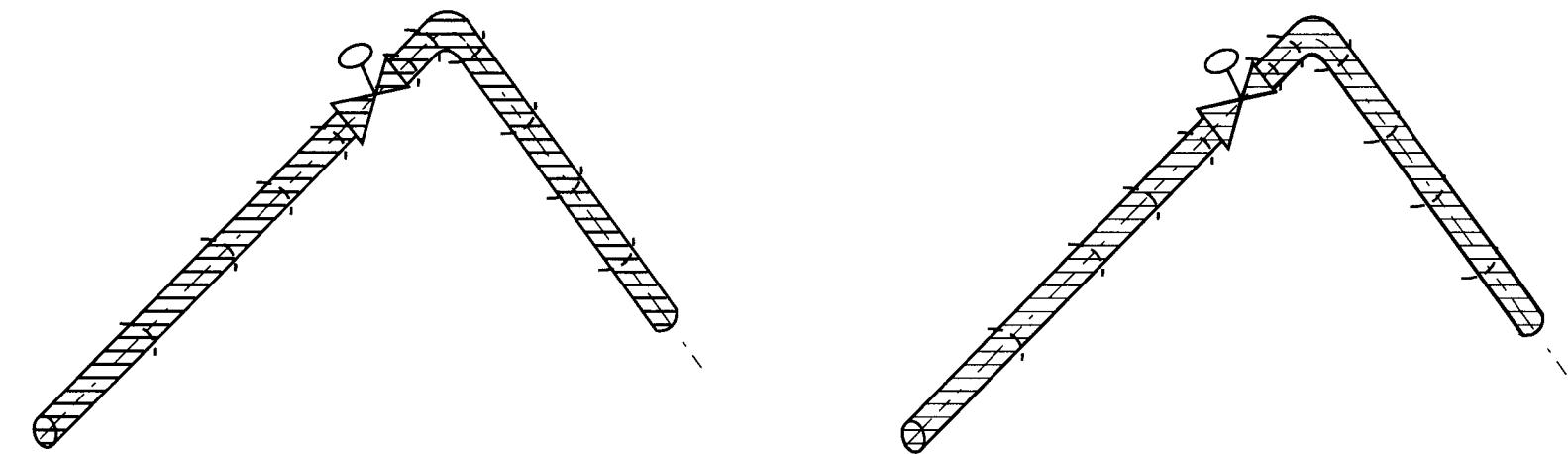
Aループ

ナトリウム付着部位

サーベランス材取り出し部位

Bループ

図 5.3-2 主中間熱交換器 2 次側接続配管のサーベランス材取り出し位置



Aループ

配管底部に最大厚さ約20mm付着

Bループ

配管全閉塞

://:ナトリウム付着部位

---:切断位置  
(ナトリウムが多かったため約長さ 200mm 切断した)

図 5.3-3 主中間熱交換器 2 次側接続配管（2 次ナトリウム充填ドレン系配管）のナトリウム付着部位及び切断位置

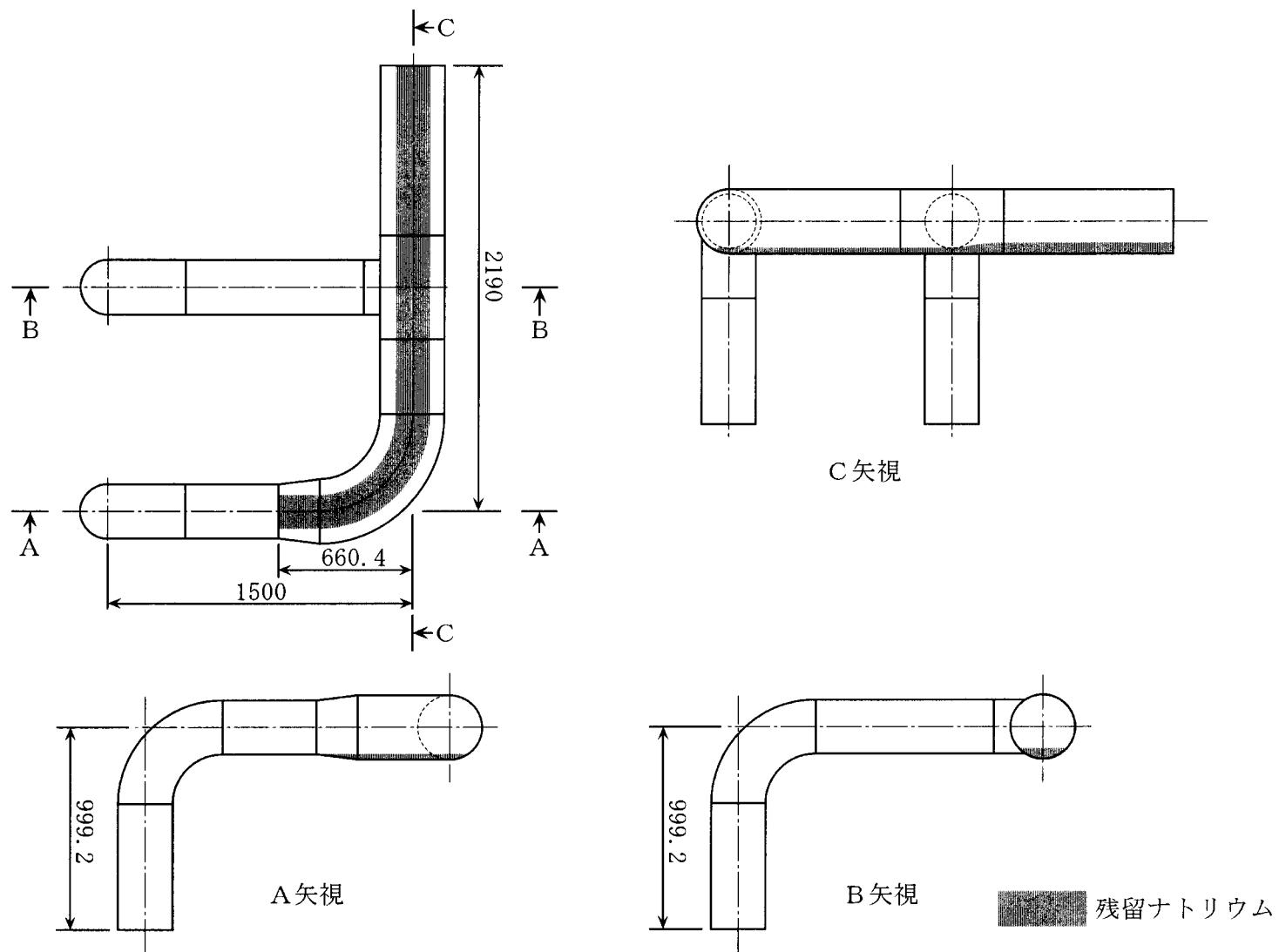
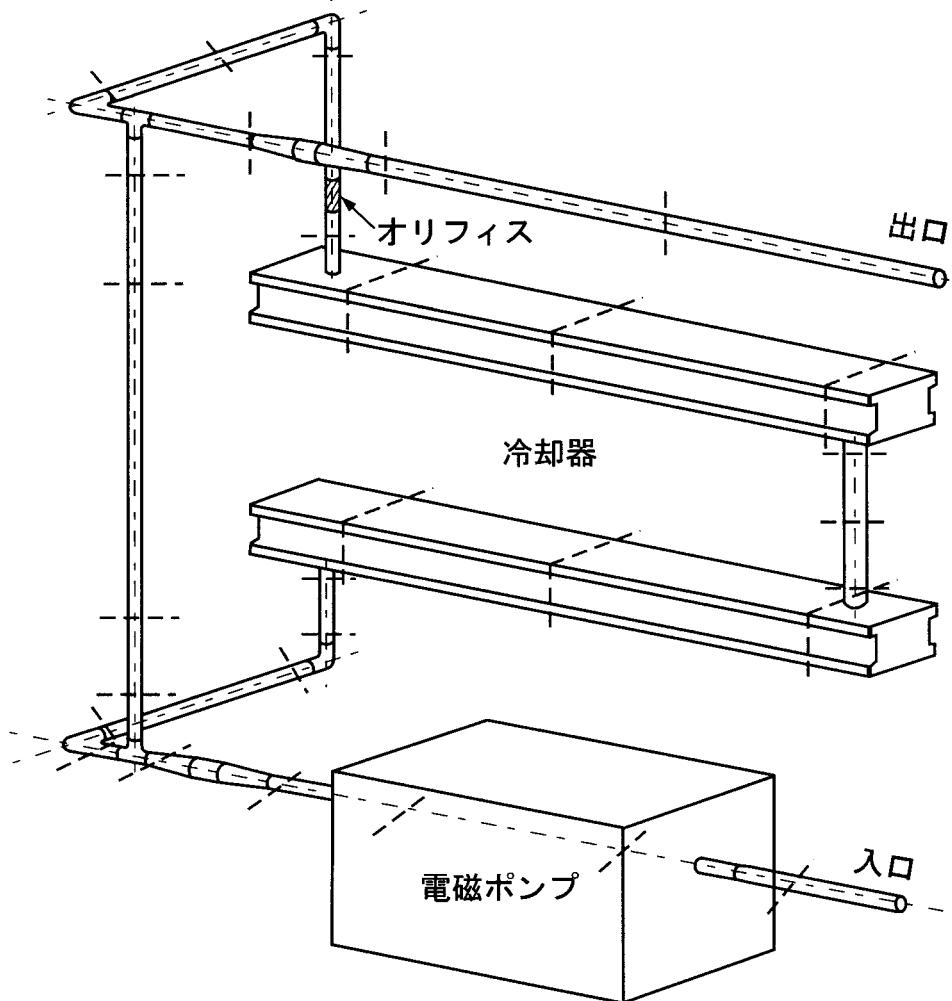


図 5.3-4 主中間熱交換器 (A) 2次側出口接続配管の構造と残留ナトリウム状況



：ナトリウム付着部位

：切断位置  
(長さ約200mmで切断した)

図 5.4-1 2次冷却系プラギング計ユニットのナトリウム付着部位及び切断位置

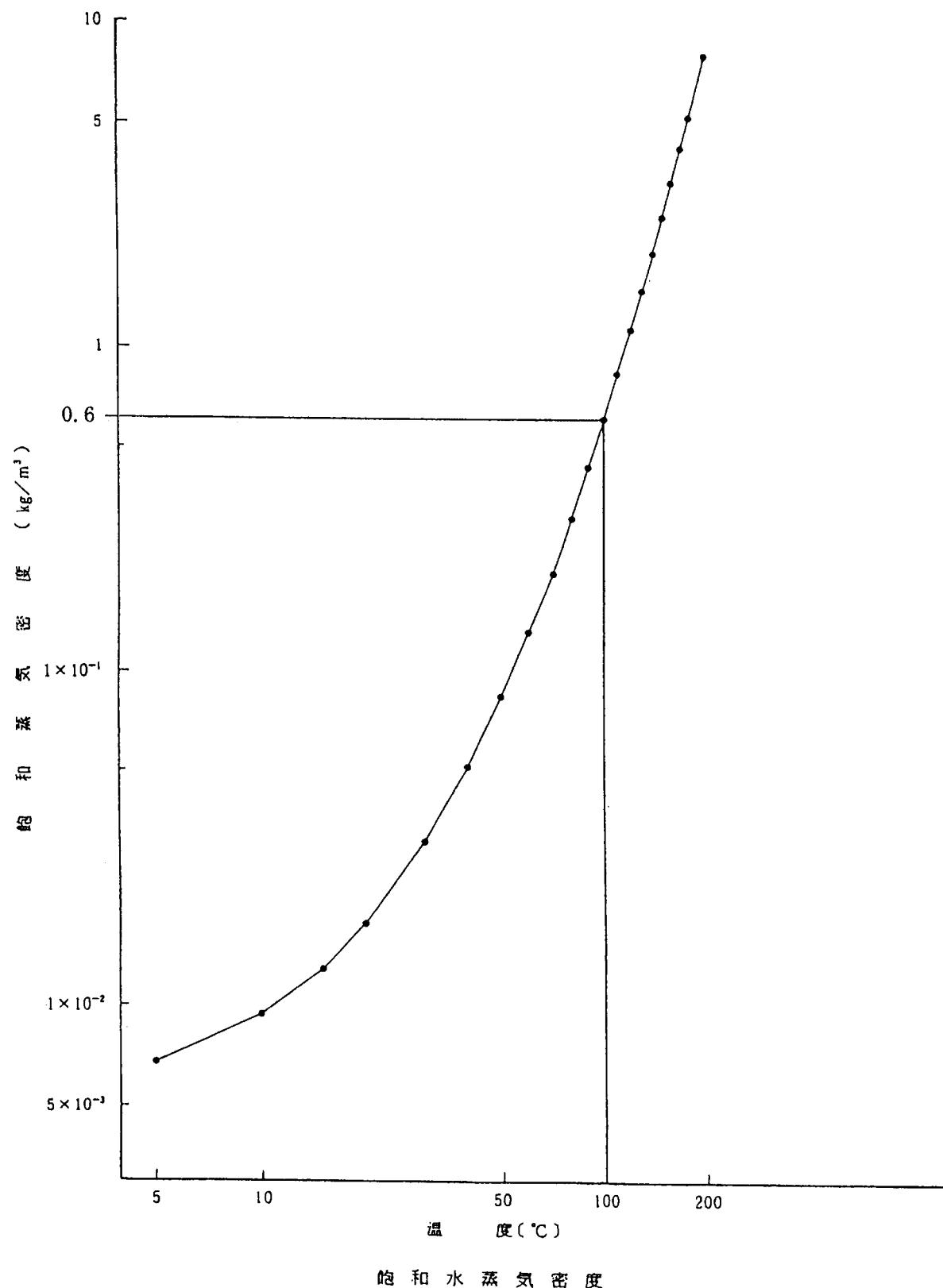


図 7.1-1 飽和蒸気密度の曲線

( ) 内温度は、ノズルより噴射されるスチームと加熱窒素ガスとの混合ガスが被洗浄物へ到達するまでに冷えた場合でも水蒸気が液化しない(未飽和) 最低温度

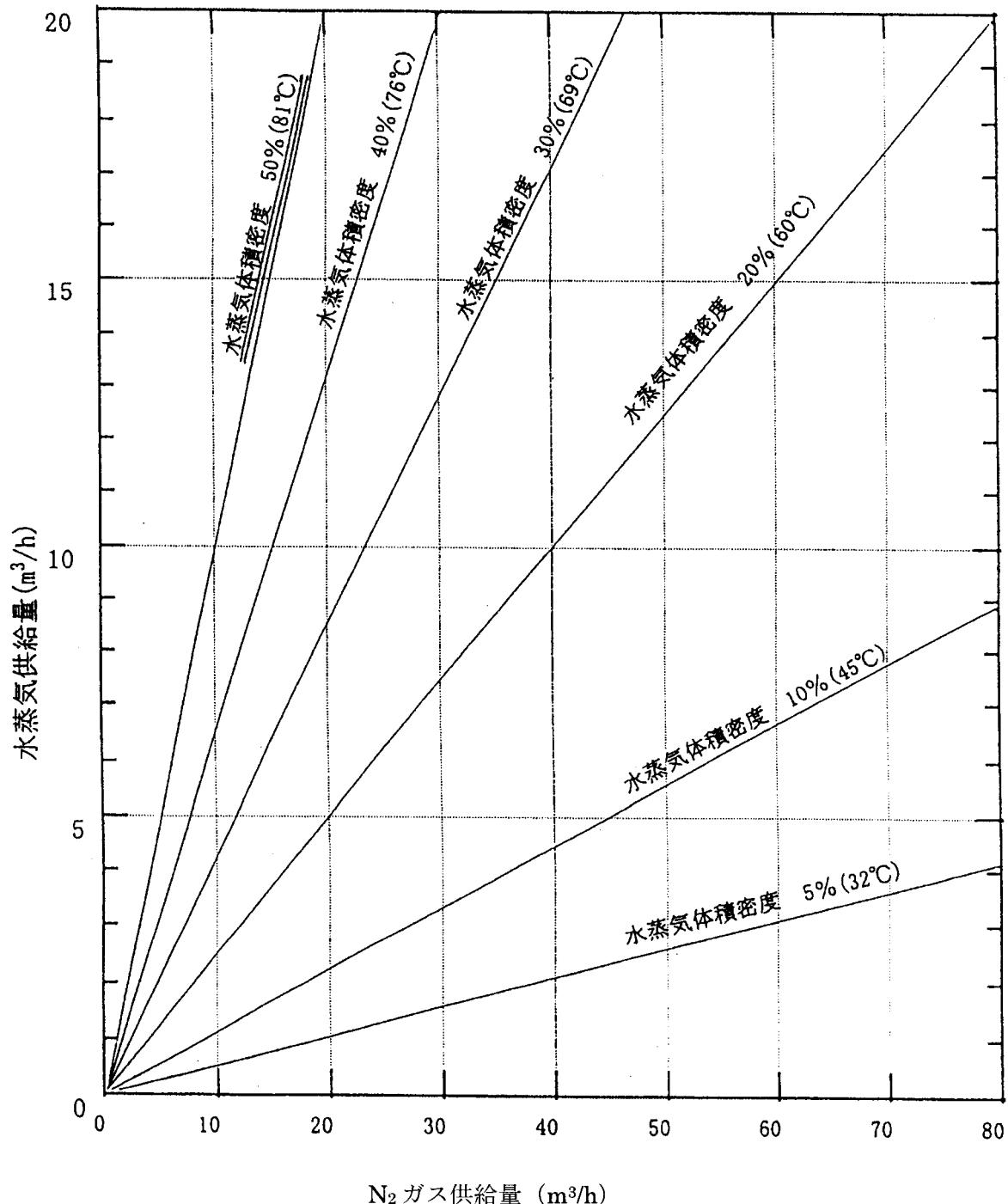


図 7.1-2 水蒸気と加熱窒素ガス混合比及び混合ガス中の飽和温度

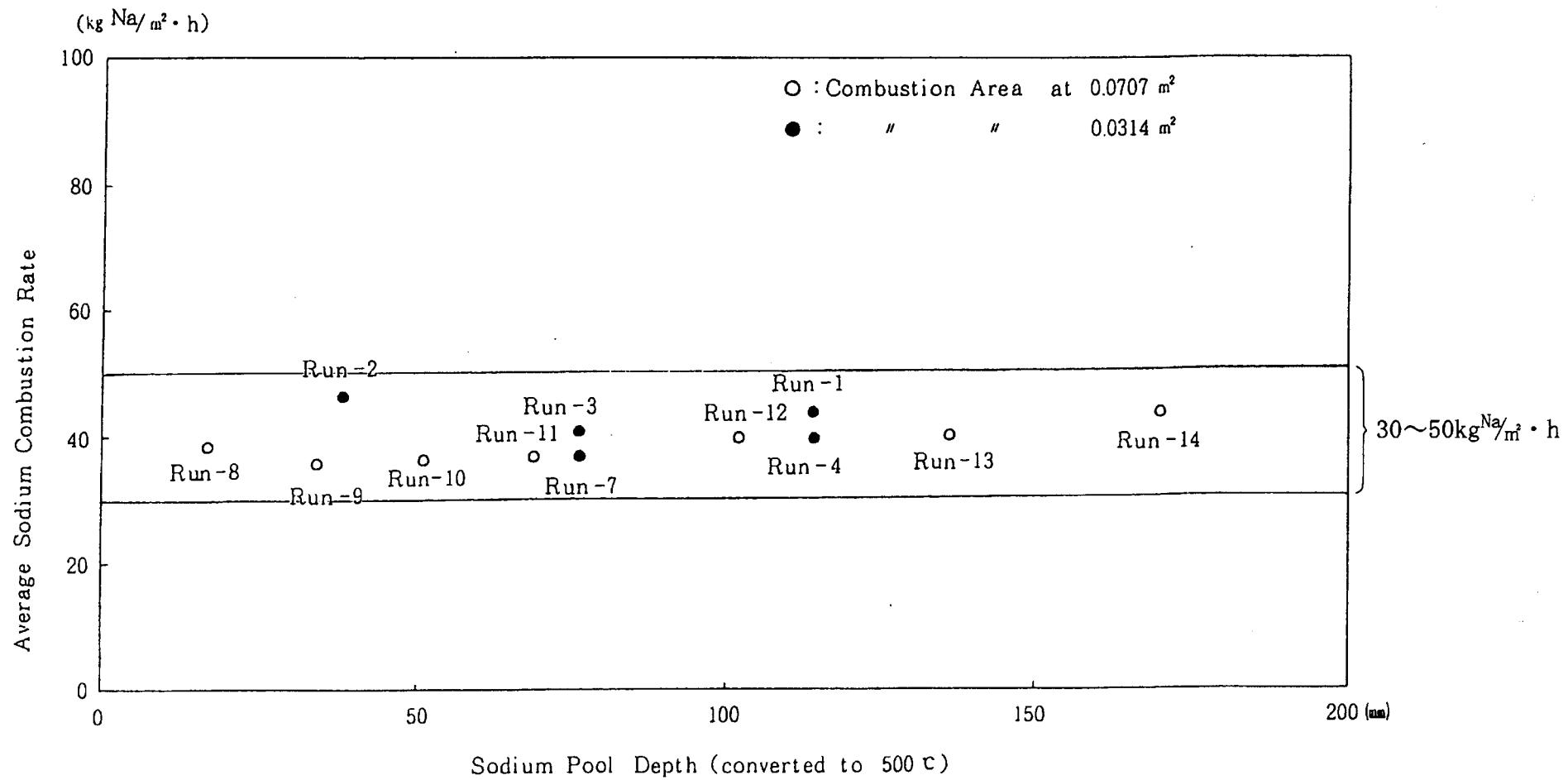


図 7.1-3 ナトリウムの燃焼速度



写真 5.1-1 主冷却器集合管の解体・ナトリウム洗浄の流れ



DHX 保管庫屋根  
固定ボルト取外し



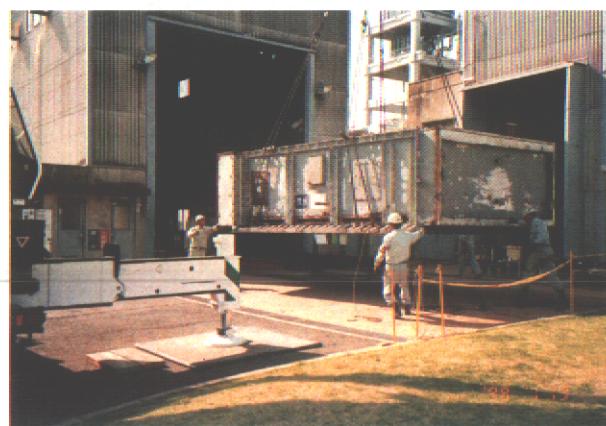
DHX 保管庫屋根取外し



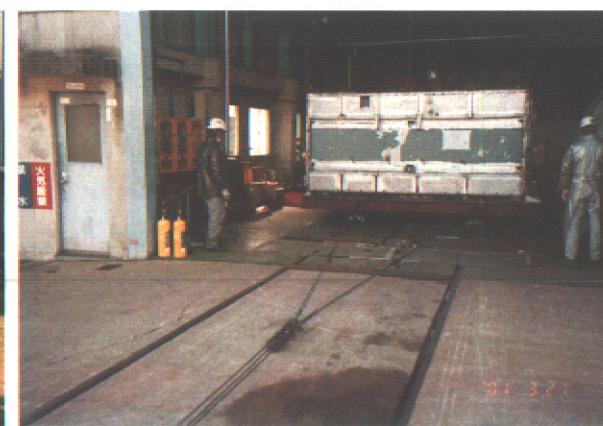
DHX 保管庫からの DHX 吊上げ



DHX 保管庫からの DHX 運搬

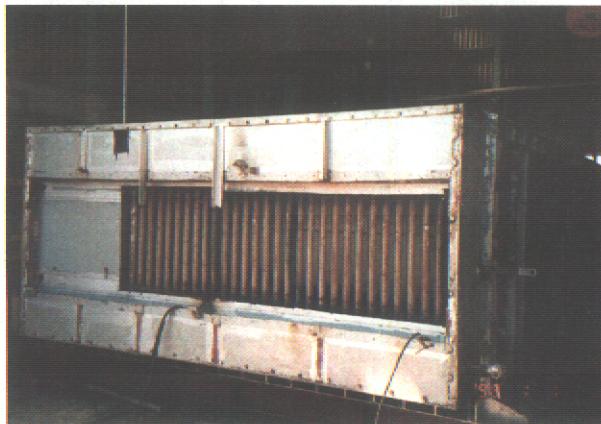


第二ナトリウム処理室への DHX 搬入



第二ナトリウム処理室への DHX 引き込み  
(チルローラによる)

写真 5.1-2 (1/5) 主冷却器の解体・ナトリウム洗浄作業



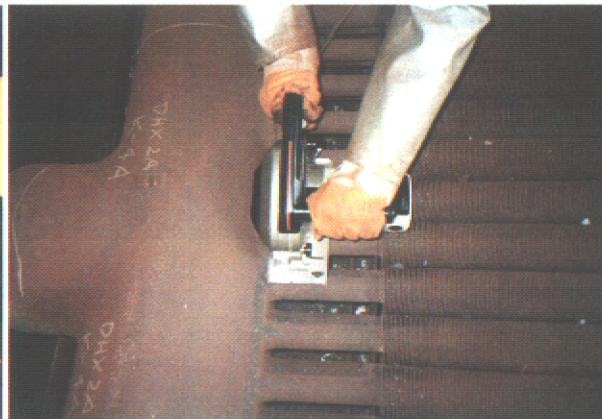
DHX 側板の撤去  
(U 字側)



DHX 側板の撤去  
(集合管側)



DHX 側板の撤去後



伝熱管のチップソーによる切断  
(集合管近傍)



伝熱管のチップソーによる切断  
(U 字部)

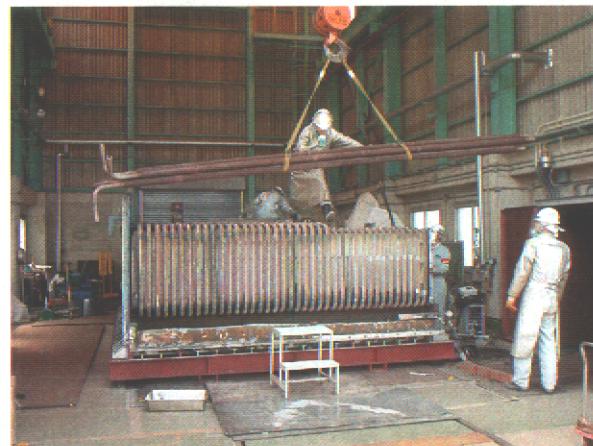


DHX 伝熱管のチップソーによる切断

写真 5.1-2 (2/5) 主冷却器の解体・ナトリウム洗浄作業



伝熱管の切断部



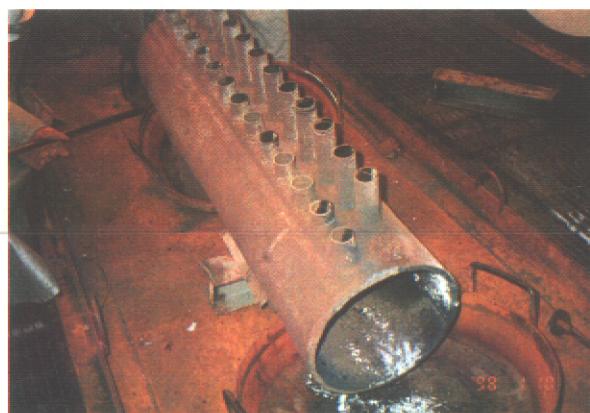
切断した伝熱管の移動



入口集合管の伝熱管切断部



伝熱管上段の撤去後

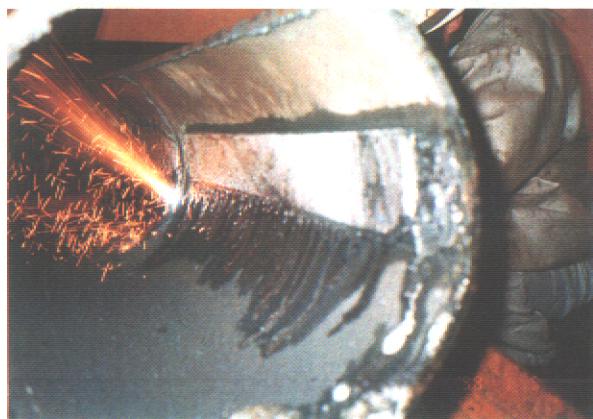


切断した出口集合管  
(内面ナトリウム付着状況)  
(燃焼処理前)



入口集合管の解体  
(プラズマ切断機による切断)

写真 5.1-2 (3/5) 主冷却器の解体・ナトリウム洗浄作業



プラズマ切断機による入口集合管切断  
(ナトリウム付着状況)



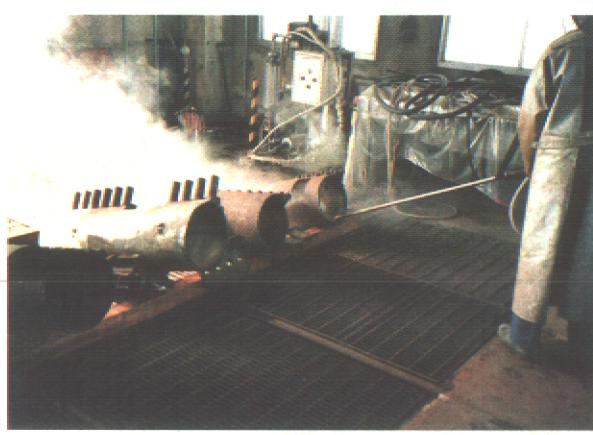
高速カッターによる  
伝熱管切断



伝熱管内ナトリウムの燃焼処理



入口集合管の燃焼処理



出口集合管の蒸気洗浄



伝熱管の蒸気洗浄

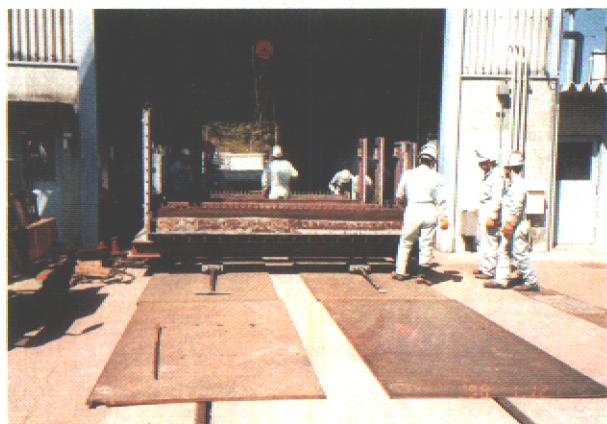
写真 5.1-2 (4/5) 主冷却器の解体・ナトリウム洗浄作業



伝熱管の水浸漬処理



集合管及び伝熱管撤去後



第二ナトリウム処理室  
からの DHX 架構の搬出

写真 5.1-2 (5/5) 主冷却器の解体・ナトリウム洗浄作業

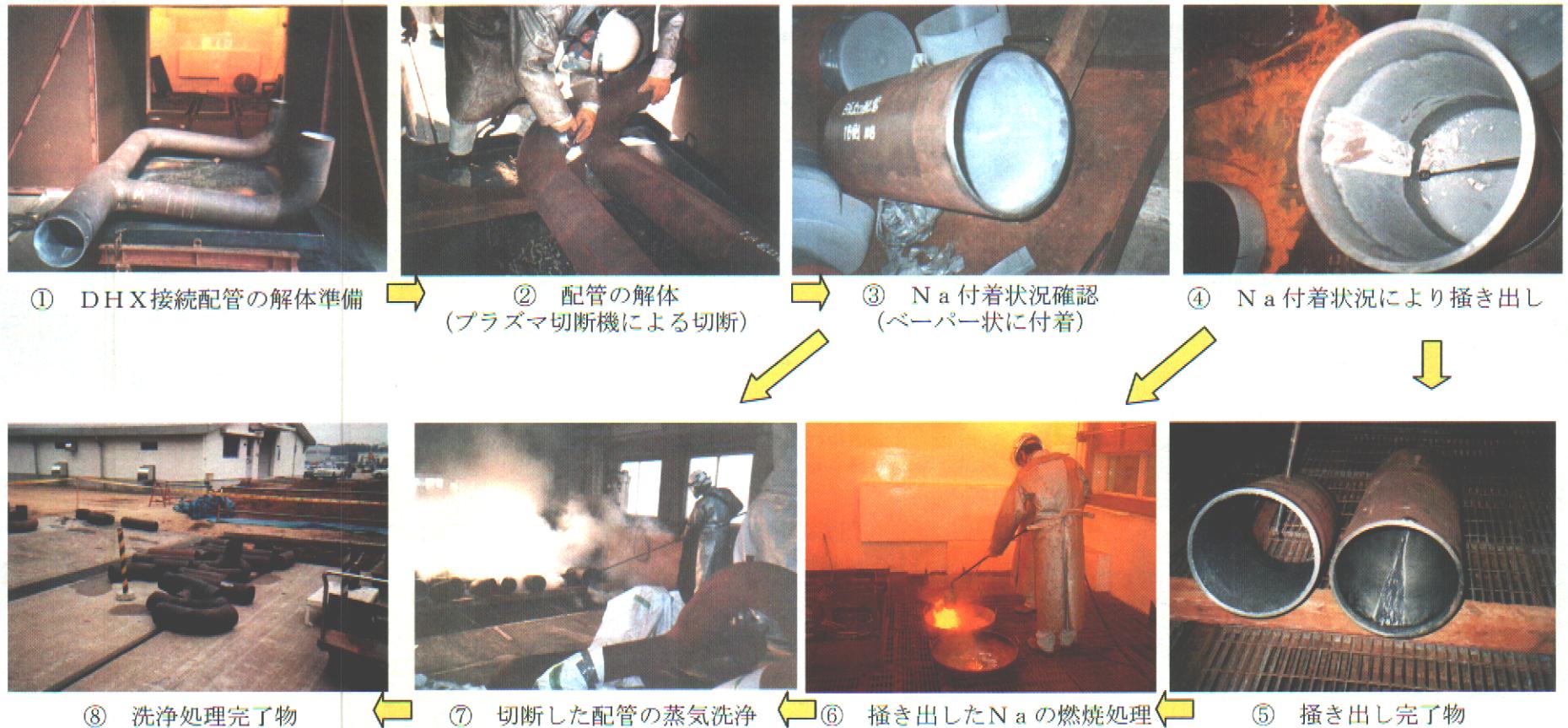
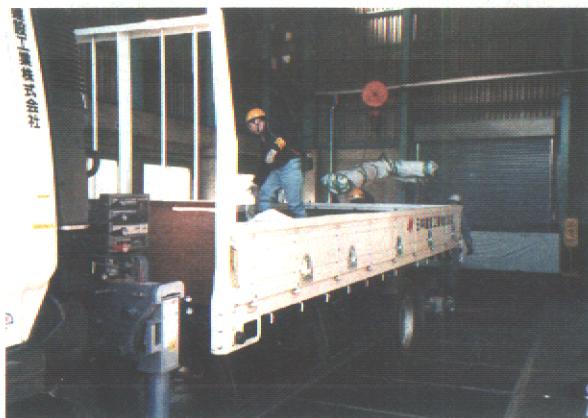
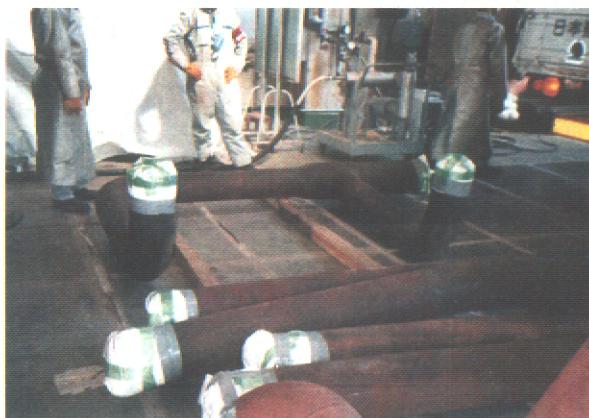


写真 5.2-1 主冷却器接続配管の解体・ナトリウム洗浄の流れ



主冷却器接続配管の  
第二ナトリウム処理室への搬入



主冷却器接続配管の受入状態



主冷却器接続配管及び温度計ウェル  
部単管の受入状態



主冷却器接続配管の解体

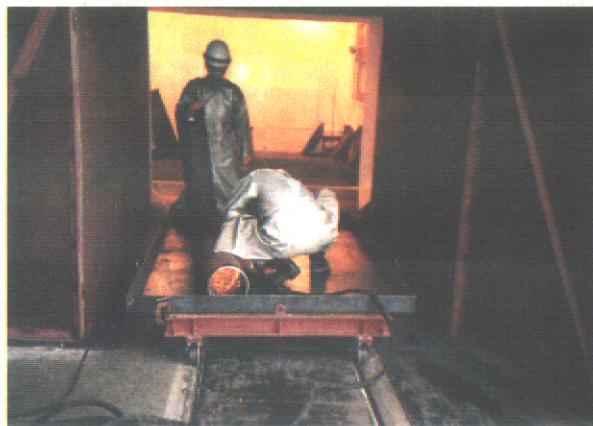


主冷却器接続配管の解体  
(プラズマ切断)

写真 5.2-2 (1/2) 主冷却器接続配管の解体・ナトリウム洗浄作業



ナトリウム付着状況  
(温度計ウェル部単管)



配管の解体  
(プラズマ切断)



ナトリウム掻き出し後



切断した配管の蒸気洗浄



主冷却器接続配管廃棄状態

写真 5.2-2 (2/2) 主冷却器接続配管の解体・ナトリウム洗浄作業



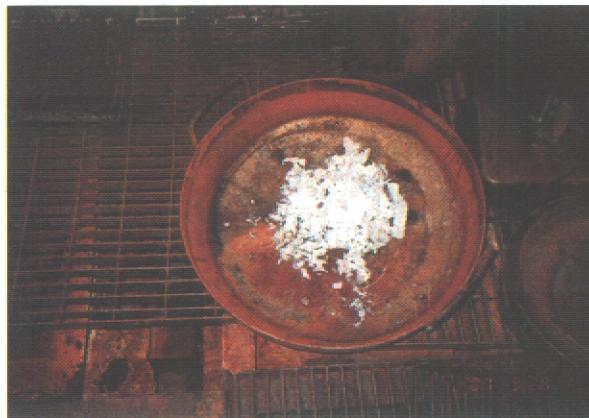
プラズマ切断機による  
2次側出口配管の切断



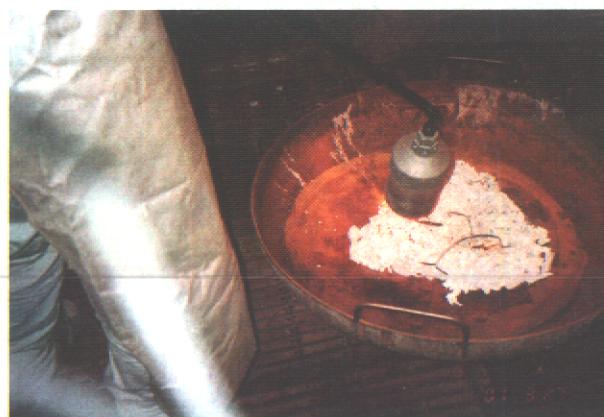
プラズマ切断機による  
2次側出口配管の切断



プラズマ切断機による  
2次側入口配管の切断



配管から除去したナトリウムの一部



除去したナトリウムの燃焼処理



ナトリウム燃焼中

写真 5.3-1 (1/2) 主中間熱交換器 2 次側接続配管の解体・ナトリウム洗浄作業



配管ナトリウムの燃焼  
(A ループ 2 次側出口配管の一部のみ)



2 次側配管蒸気洗浄



2 次側 A 系出口配管サーベイ  
ランス材取出し箇所 (一部)



2 次側 B 系出口配管サーベイ  
ランス材取出し箇所 (一部)

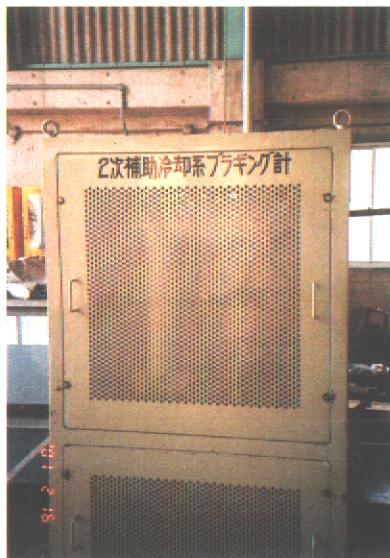


充填ドレン系配管の切断



充填ドレン弁のリップ溶接部切断

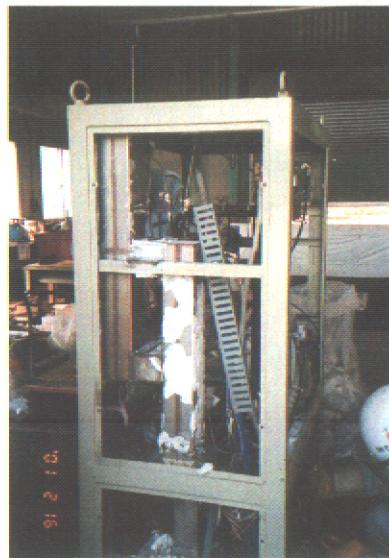
写真 5.3-1 (2/2) 主中間熱交換器 2 次側接続配管の解体・ナトリウム洗浄作業



2次冷却系プラギング計  
(解体前)



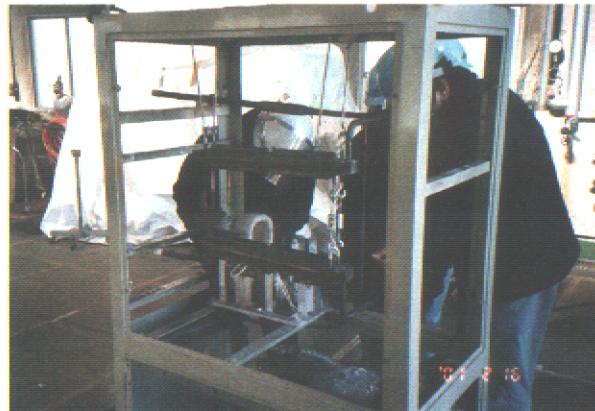
配管保温材の撤去



電気ヒータ・ケーブル等の  
撤去



電磁ポンプの撤去



付属品撤去後

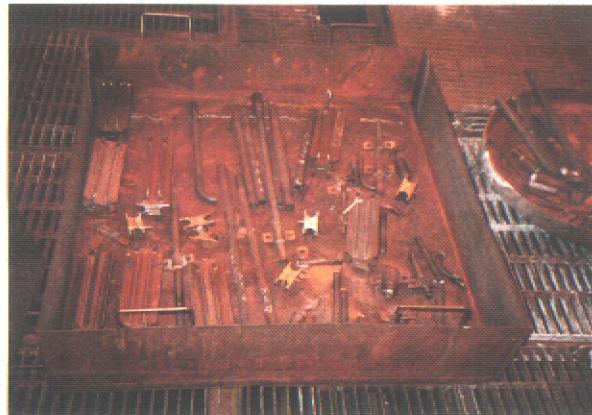


プラギング計配管等の切断

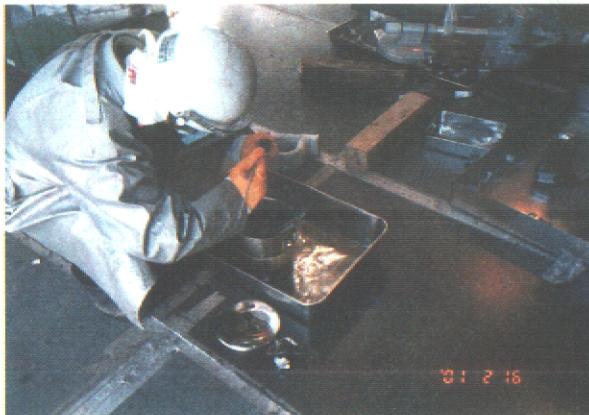


プラギング計サーベイ  
ランス材取出し筒所確認

写真 5.4-1 (1/2) 2次冷却系プラギング計ユニットの解体・ナトリウム洗浄作業



配管切断後  
(純化系、補助系)



ナトリウム除去



除去したナトリウム



配管の水処理



水処理後の水洗い



ナトリウム処理完了物

写真 5.4-1 (2/2) 2 次冷却系プラギング計ユニットの解体・ナトリウム洗浄作業



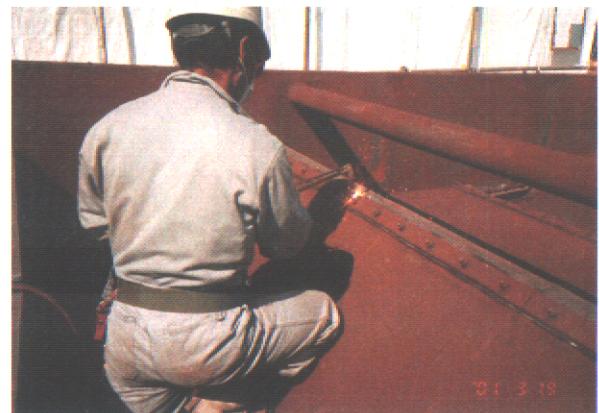
主送風機設備の解体エリアの設置



出口伸縮継手の解体



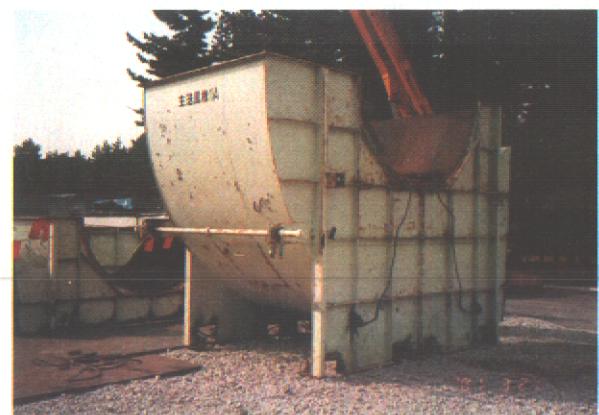
出口ダクトの解体



出口ダンパの解体



出口ダクトの解体



主送風機下部ケーシングの解体

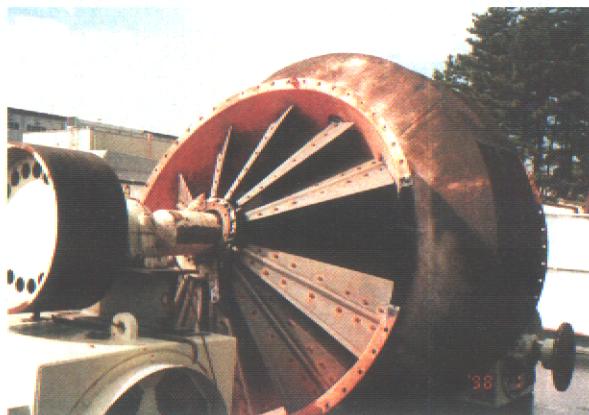
写真 6-1 (1/2) 非ナトリウム機器の解体作業



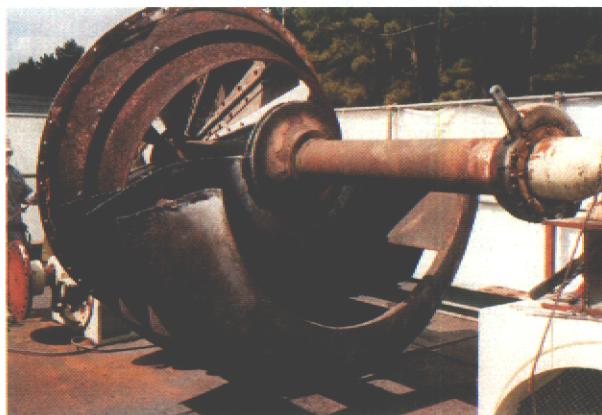
入口ダクトの解体



入口ダクトの解体



主送風機インレットベーンの解体



主送風機インレットベーンの解体



主送風機インレットベーンの解体



主送風機インレットベーンの解体

写真 6-1 (2/2) 非ナトリウム機器の解体作業