

本資料は2001年 6 月20 日付で
登録区分変更する。 [技術展開部技術協力課]

ヨウ素除去装置の効率化プロセスについての概念設計

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1986 年 9 月

株式会社 神戸製鋼所

本資料は、核燃料サイクル開発機構の開発業務を進めるために作成されたものです。したがって、その利用は限られた範囲としており、その取扱には十分な注意を払ってください。この資料の全部または一部を複写・複製・転載あるいは引用する場合、特別の許可を必要としますので、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)



配 布 限 定
PNC/J6058 86-002
1986年 9月

ヨウ素除去装置の効率化プロセスについての概念設計

金澤俊夫*

福留豊*

津田一明*

要 旨

動力炉・核燃料開発事業団〔以下事業団殿と称す〕東海事業所再処理工場内の廃棄物処理場及び第二低放射性廃液蒸発処理施設槽類換気系に設置されている「ヨウ素除去装置」の効率化を図るために以下の業務を実施した。

1) 既設装置の調査

事業団殿の御指導のもとに既設装置の調査を行い、効率化のポイントを明らかにした。

2) 最適プロセスの選定

上記調査結果を踏まえて、次の①②を検討対象プロセスとしてとりあげ、各々をヨウ素除去効率、既設設備への影響等のあらゆる面から比較評価した。

① 乾式法 [銀ゼオライト (AgX) を用いた吸着法]

② 湿式法と乾式法の組み合わせ

この結果、乾式法で既設よりも、吸着温度を上げ、吸着ベッドを厚くする方法を最適プロセスとして選定した。

2) 設備設計

選定プロセスに基づき、 $DF \geq 100$ を目標としたプロセス設計を行い、機器、配管及び計電装設備の設計を実施した

4) 改造工事方法の検討

最後に改造工事の手順について検討を行い、機器製作から改造工事に要する概略コストの算定をした。

本報告書は、以上の設計業務の成果をまとめたものであり、続いて実施される詳細設計の基礎資料となるものである。

本報告書は、株式会社 神戸製鋼所が動力炉・核燃料開発事業団との契約により実施した業務の成果である。

契約番号 : 610D012

事業団実施担当者 : 小坂哲生(処理部化学処理第三課)

* : エンジニアリング事業部 国内本部 原子力部



LIMITED DISTRIBUTION
PNC | §J 6058 86-002
September, 1986

Conceptional Design of the Efficient Process of the Iodine Removal System

Toshio Kanazawa*

Yutaka Fukutome*

Kazuaki Tsuda*

Abstract

This work was conducted to improve the removal efficiency of radioactive iodine contained in the vessel off-gas of both the Auxiliary active facility and the Second low level liquid waste evaporation facility at PNC reprocessing plant. The outline of this work are as follows.

1) Survey on the existing facility

Survey on the existing facility was done and key points to increase the efficiency were clarified.

2) Selection of an optimum process

On the basis of the survey above mentioned the following two types of process were studied from various points of view in a removal efficiency, influence to the other existing equipments and so on.

① Dry method [Adsorption with the silver-exchanged zeolite (AgX)]

② Combination of wet method (caustic scrubber) and dry method

As a result, dry method, which had thicker bed and was operated at higher temperature than the existing facility, was selected as an optimum process.

3) Basic design

Process design was performed on the basis of the selected process and basic specification for equipments, piping and instrument were decided.

4) Study of procedure for reconstruction

Finally procedure for reconstruction was studied and reconstruction cost, including fabrication cost for equipments, was estimated.

This paper shows the results and gives the basic data for the detail design to be performed in next stage.

Work performed by Kobe Steel, Ltd. under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation

PNC Liaison : Tetsuo Kosaka (3rd Chemical Processing Section, Processing Division)

* : Nuclear Engineering and Equipment Department, Engineering Division

目 次

I. ま え が き	1
II. 効率化プロセスの検討	2
1. 概 要	2
2. 検 討 ベ ー ス	2
3. 既設装置の評価	2
3.1 既設装置の把握	2
3.1.1 処理システム	2
3.1.2 機器仕様	2
3.1.3 配 置	2
3.2 既設装置の運転条件の把握	16
3.2.1 処理ガス条件	16
3.2.2 プロセス条件	16
3.2.3 ヨウ素除去効率	16
3.3 ヨウ素除去効率に関する既存データのまとめ	19
3.4 既設装置の評価	21
3.4.1 除去効率に影響を及ぼす因子の検討	21
3.4.2 効率化のポイント	23
4. 効率化プロセスの検討	38
4.1 検 討 条 件	38
4.2 検討対象プロセス	38
4.3 乾式法単独の場合の検討	39
4.3.1 吸着温度を上げる方法の検討	40
4.3.2 コンデンサを設置する方法の検討	49
4.3.3 水分吸着器を設置する方法の検討	51

4.4	既設の乾式法と湿式法を組合わせた場合の検討	53
4.4.1	検討の前提条件	53
4.4.2	プロセスフロー	53
4.4.3	前段のアルカリスクラバに関する検討	53
4.4.4	後段の既設装置に関する検討	59
4.5	効率化プロセスの選定	63
5.	ま と め	67
III.	ヨウ素除去装置の設計	68
1.	プロセス設計	68
1.1	設計条件	68
1.2	フローシート	68
1.3	プロセス計算	70
1.3.1	ヨウ素除去フィルタ	70
1.3.2	ヒ ー タ	72
1.3.3	ク ー ラ	73
1.3.4	ブ ロ ヲ	81
1.3.5	冷却水クーラ	82
1.3.6	冷却水ユニット	87
1.3.7	冷却水ポンプ	88
1.3.8	保 温 材	89
1.4	運 転 要 領	93
2.	機器、配管設備設計	94
2.1	機器リスト	95
2.2	機器外形図	97
2.3	機器配置図	105
2.4	ラインナンバーリスト	107
2.5	バルブリスト	110
2.6	配 管 図	115

3. 計電装設備設計	116
3.1 計装品リスト	117
3.2 インターロックブロック線図	123
3.3 制 御 盤	126
3.4 動 力 盤	128
4. 安全性の検討	130
4.1 安全解析項目	130
4.2 安全解析	131
4.2.1 臨 界	131
4.2.2 被 曝	131
4.2.3 火災 , 爆発	131
4.2.4 耐 震	132
IV. 工事手順の検討	166
1. 工事に際しての前提条件	166
2. 工 事 手 順	167
3. 工事内容の説明	168
4. 機器製作及び工事工程の検討	171
5. 機器製作及び工事コストの概算	171
V. あ と が き	175
VI. 参 考 文 献	176

I . ま え が き

本概念設計においては、動力炉・核燃料開発事業団殿（以下「事業団殿」と略す）東海事業所再処理工場内の廃棄物処理場及び第二低放射性廃液蒸発処理施設の槽類換気系より放出される放射性ヨウ素 (^{129}I) の低減化を目的として、既設のヨウ素除去装置 (AgX フィルタ) の効率化についての検討及び設計を行った。

具体的には、まず事業団殿の御指導をもとに、既設のヨウ素除去装置の運転実績の評価を行い、その評価結果を踏まえた上で、各種効率化プロセスについて検討し、最適プロセスの選定を行った。また、その選定プロセスに基づきヨウ素除去装置の設計を行うと共に、工事手順についても検討を行った。

本書は、これらの検討結果をまとめたものである。

II . 効率化プロセスの検討

1. 概 要

本編は、再処理工場内の廃棄物処理場（以下AAFと略す）及び第二低放射性廃液蒸発処理施設（以下E施設と略す）の槽類換気系より放出される放射性ヨウ素（ ^{129}I ）の放出低減化のために、既設のヨウ素除去装置（AgXフィルタ）の運転実績の評価を行い、更にその評価結果を踏えた上で各種効率化プロセスの選定、機器の概略仕様について検討したものである。

2. 検討ベース

本検討は、事業団殿より御支給いただいた下記資料をベースとして行うものとする。

- ① ヨウ素除去装置のプロセスフロー図（図-1）
- ② 既設装置機器図（図-3～7）
- ③ A102内ダクト配置図（図-8～11）
- ④ AgX仕様（表-1）
- ⑤ 既設排風機の仕様（表-2）
- ⑥ AAF, E施設槽類換気系AgXフィルタのDF変化（表-3）

3. 既設装置の評価

3.1 既設装置の把握

3.1.1 処理システム

図-1に、AAF, E施設及びZ施設におけるヨウ素除去装置プロセスフローを示す。

同図の中で、今回の効率化検討の対象となるのは、AAFとE施設の槽類からの廃気処理系統であり、後述のプロセス条件等を加えて整理したものを図-2に示す。

3.1.2 機器仕様

- (1) ヒータ（307H1581）

図-3, 4に既設ヒータの仕様、構造を示す。

- (2) フィルタケーシング

図-5に常用フィルタケーシングを示す。図-6には予備フィルタケーシングを示す。

- (3) AgXフィルタ及びAgXの仕様

図-7にAgXフィルタの概略を示す。また、表-1にはAgX TypeⅢの仕様を示す。

- (4) 排風機（307K155/156）

表-2に仕様を示す。

3.1.3 配 置

A102内の機器、配管設備の配置を図-8～11に示す。

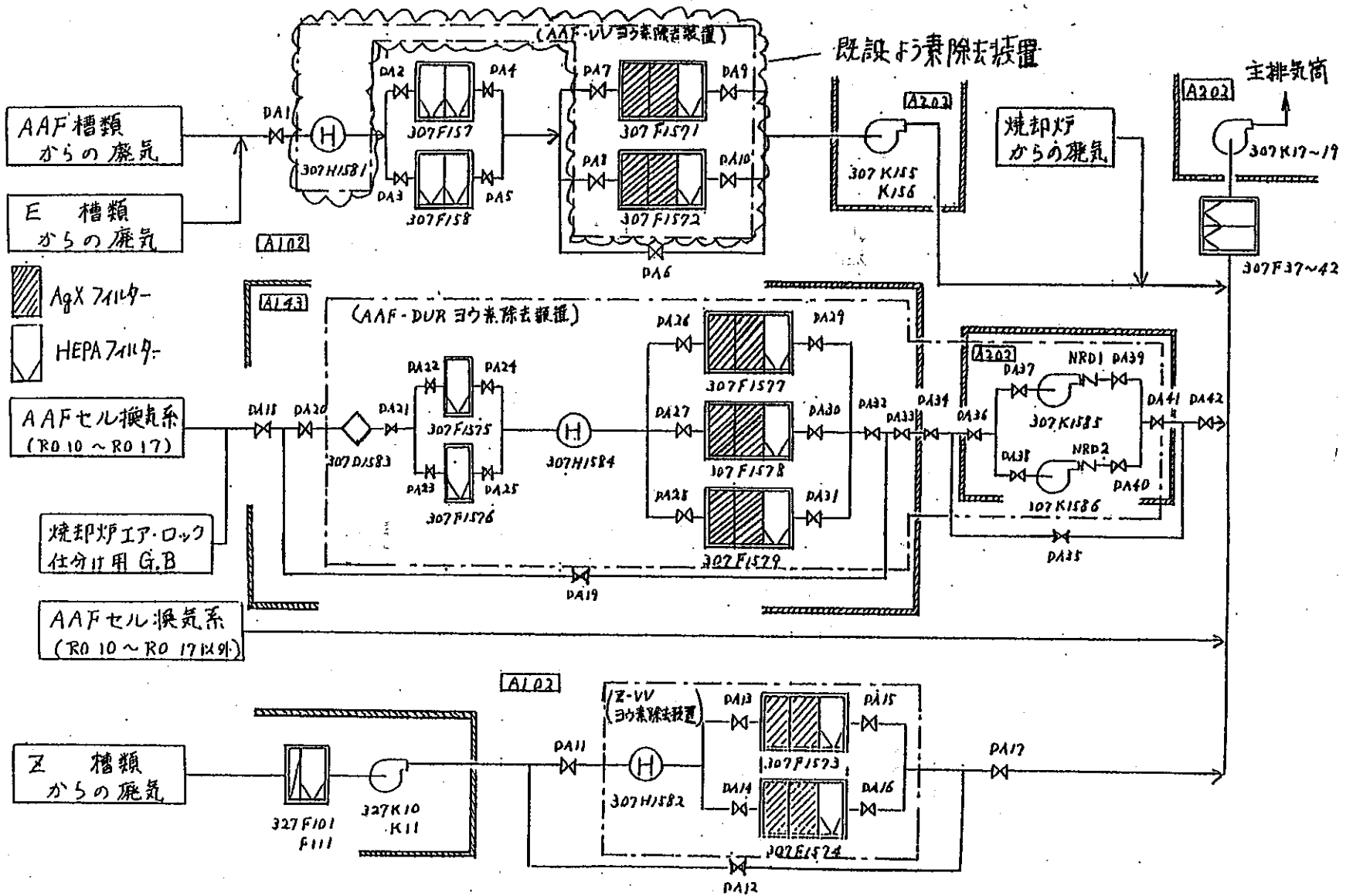


図-1 ヨウ素除去装置 プロセスフロー

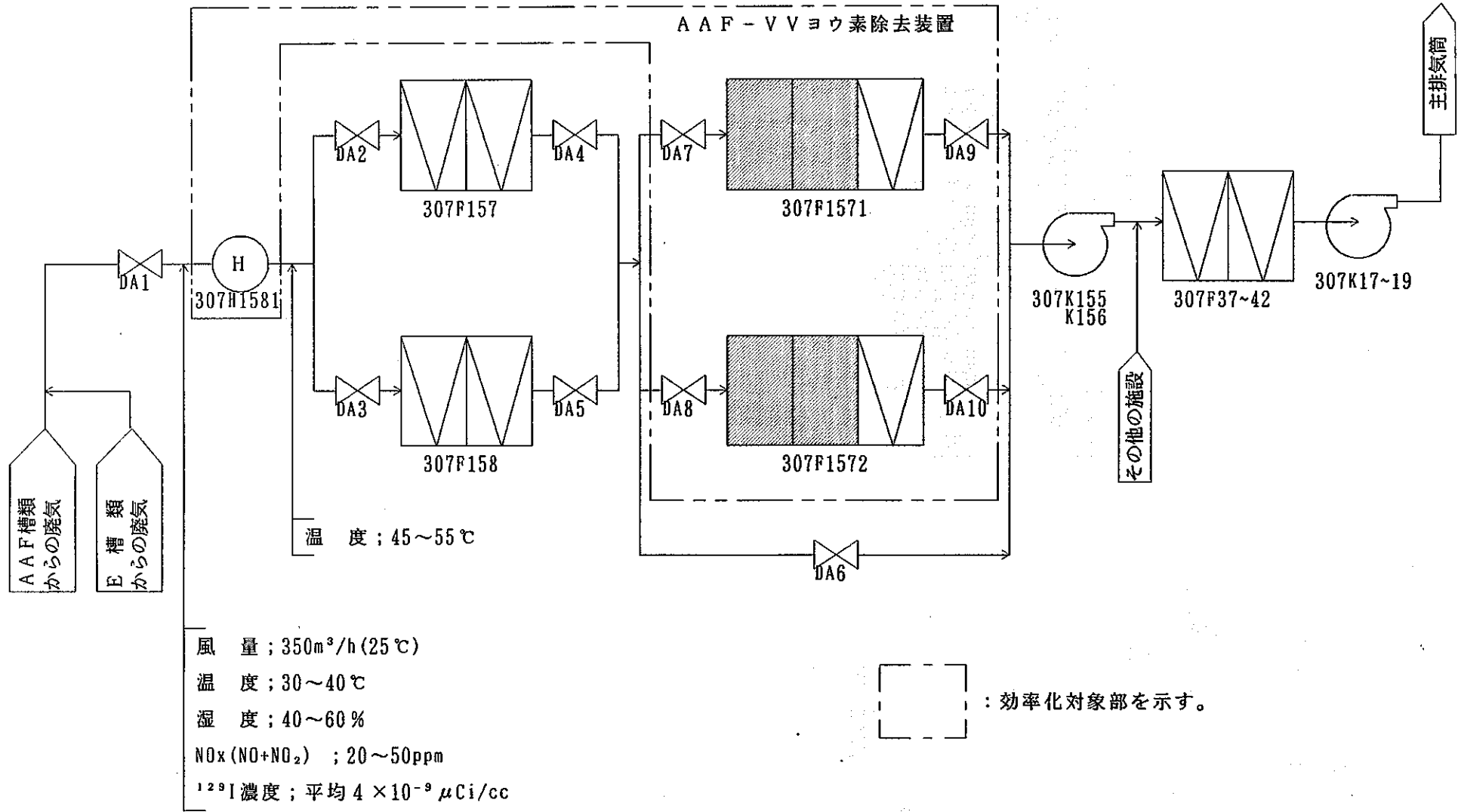
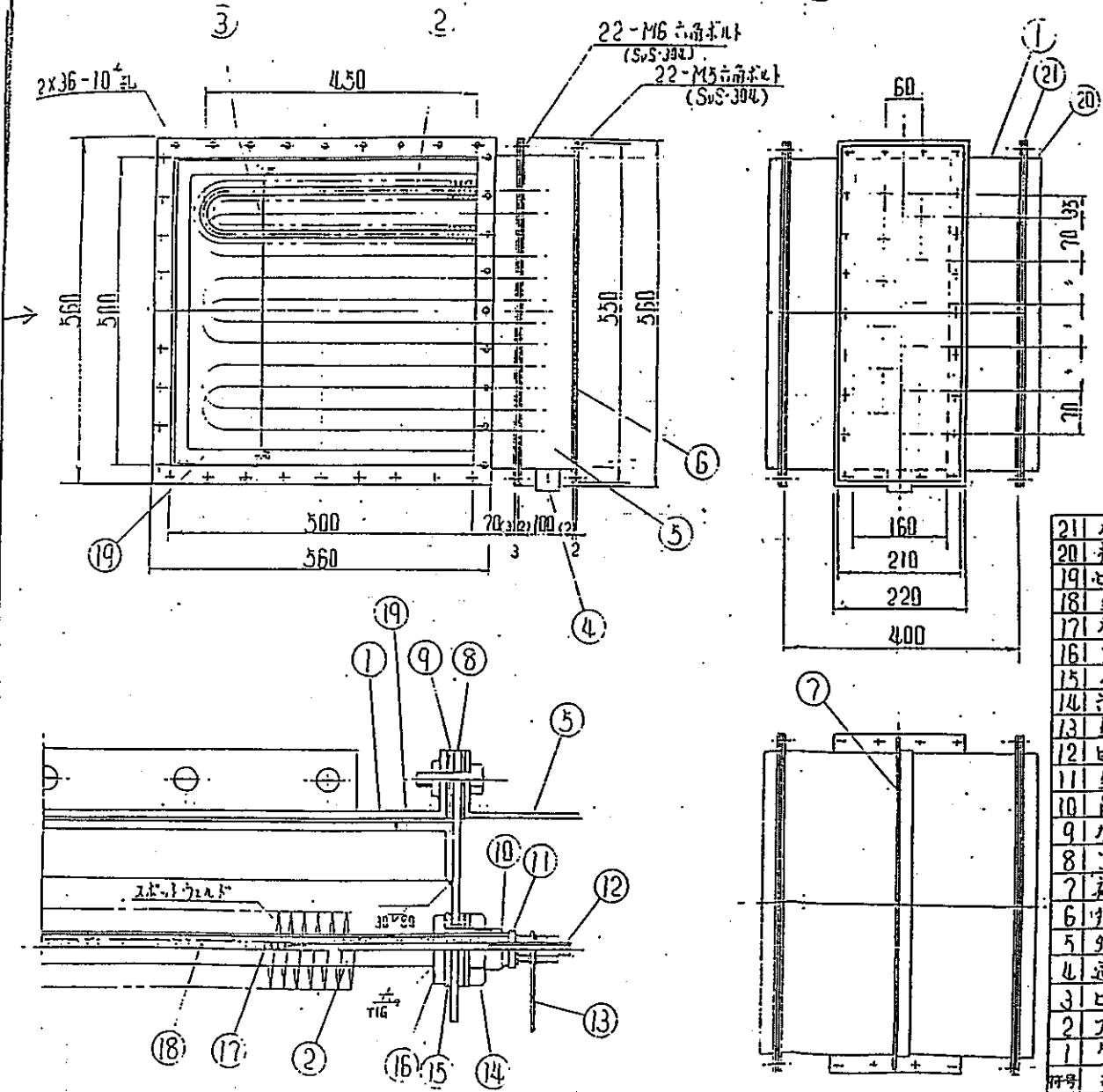


図-2 AAF及びE施設ヨウ素除去装置プロセスフロー

SHEATH HEATER

記号 年月日 記 号



仕様
 定格: 3^φ 420V 7KW
 エLEMENT: 14^φ x 1130^{mm} SUS-304 7^φ / 10^φ x 1130^{mm} P: 2
 (420V · 1.167KW x 6^本)
 Wd: 284^{mm}
 被加熱物: 空気 (30[℃] 含む)
 温度: 80[℃] MAX
 風量: 1) 標準物処理場: 600^{m³/h}
 2) 乙施設: 900^{m³/h}
 気密試験: ケーシング 300^{mm} A₁ にて実施すること。
 耐圧試験: ケーシング 600^{mm} A₁ にて実施すること。

21	ガスケット	CR	2			3 ^φ 全面
20	銅フランジ	SUS-304	2			L3 x 30
19	ボア材	SUS-304				L3 x 25
18	結線材	M40				
17	巻線線	NC1-7	6			0.32 ^φ
16	ブッシュ	SUS-304	12			M18 P: 1.5 70 ^{mm} 30 ^φ
15	ガスケット	テフロン	24			32 ^φ x 3 ^φ
14	六角ナット	SUS-304	12			M18 P: 1.5 B. 29. 7 ^φ
13	結線板	SUS-304				15 ^φ x 13 ^φ
12	ヒータリブ	SUS-304	12			M5
11	結線座	テフロン	12			15 ^φ x 3 ^φ
10	防湿材	シリコン				
9	ガスケット	CR	3			30 ^φ x 30 ^φ x 2
8	フランジ	SUS-304	1			30 ^φ
7	特殊リブ	SUS-304	1			L3 x 25
6	9-ミルカバー	SUS-304	1			20 ^φ
5	9-ミルカバー	SUS-304	1			20 ^φ
4	通気口	SUS-304	1			PF 3 ^φ
3	ヒータリブ板	SUS-304	1			1.5 ^φ
2	フィンヒータ	SUS-304	6			420V · 1.167KW
1	ケーシング	SUS-304	1 ^s			30 ^φ

A 矢視図

図-3 ダクトヒータ 外形図

符号	名称	材質	数量	処理	部	番	備考
作図 日 尺 図							新日本空調(株) 設
社	印	承					
計	図	記					ダクトヒータ
日本シーズ線株式会社						三角法	DU-111-2

年月日	記	事

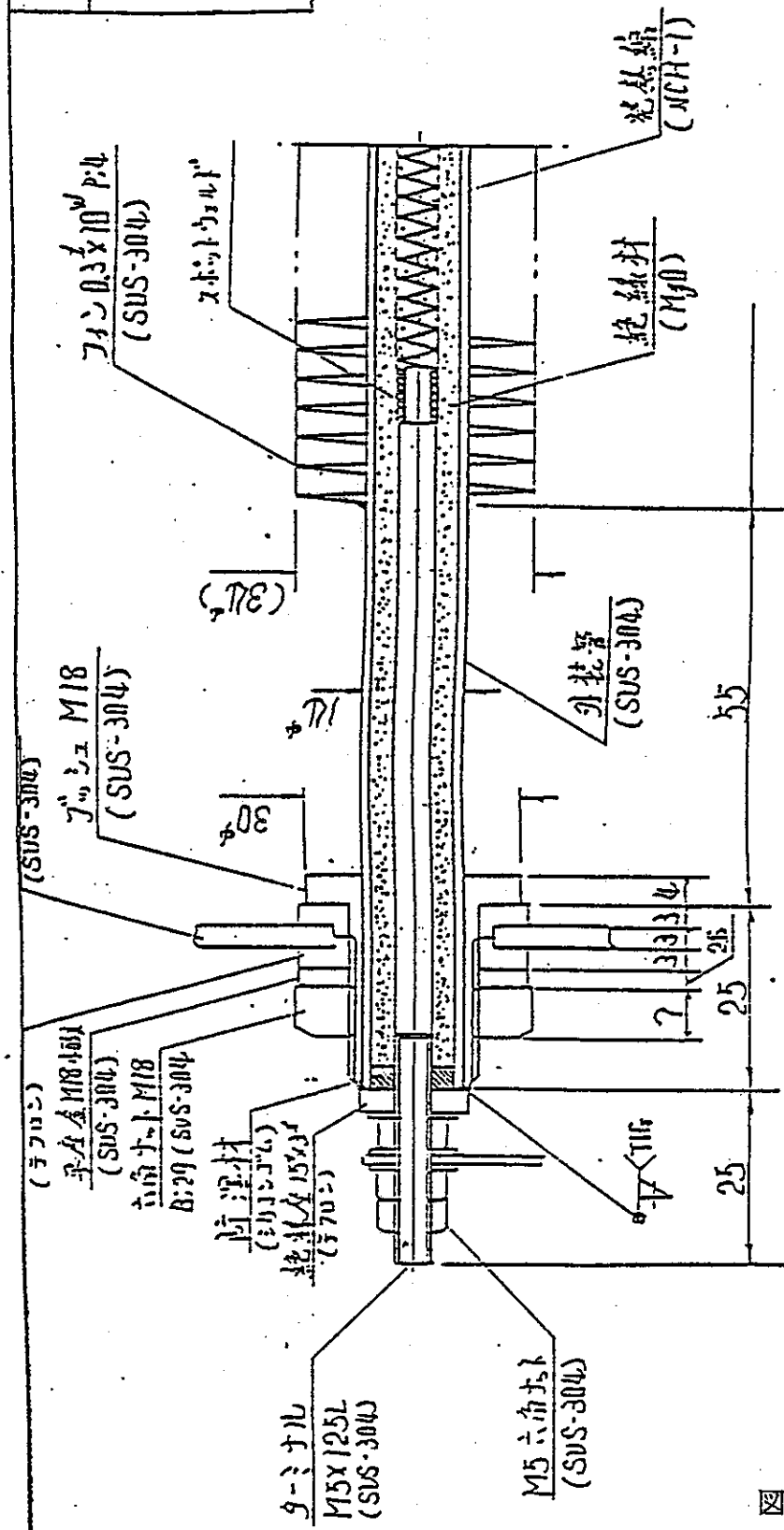
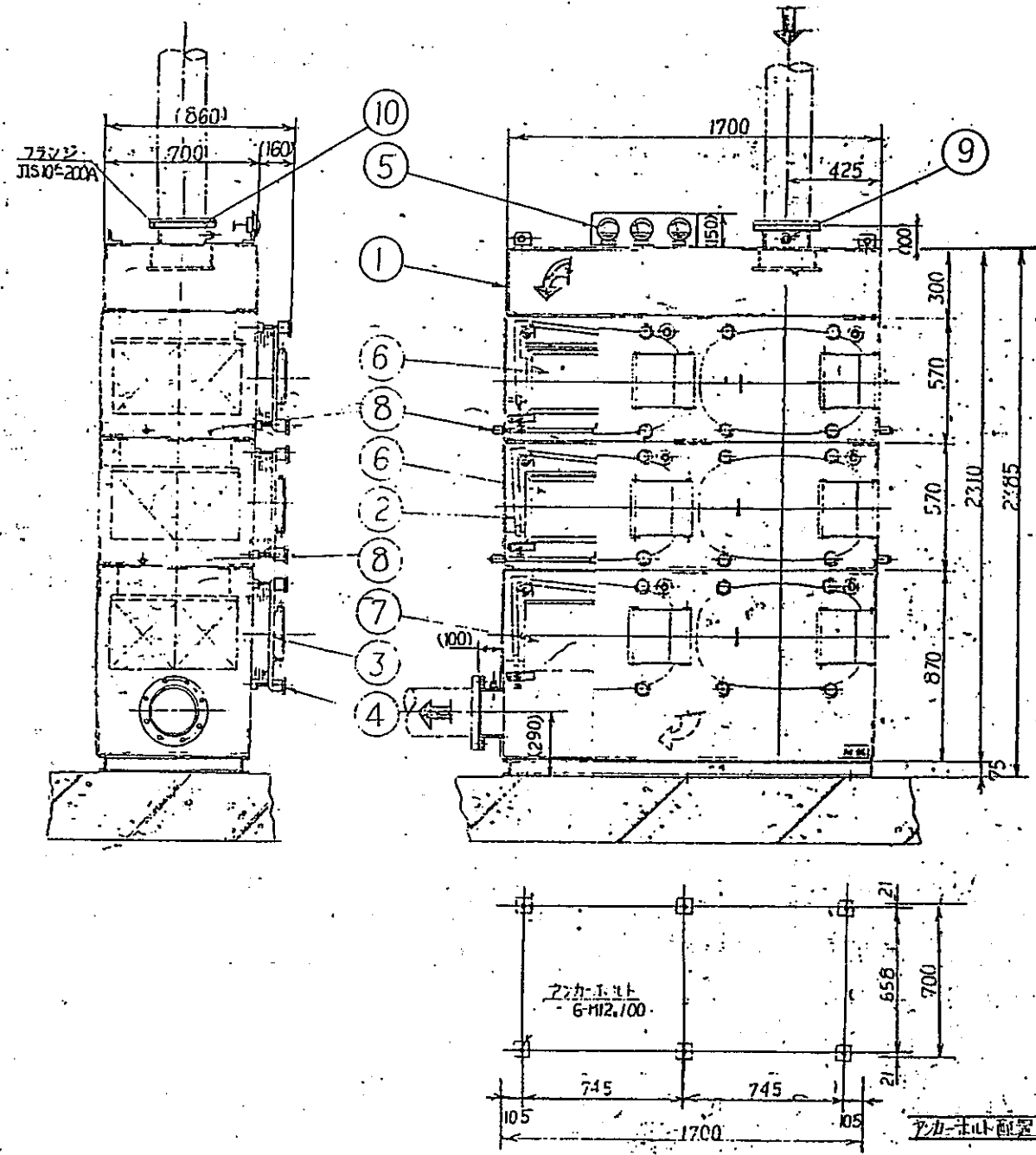


図-4 ダクトヒータ 端末構造図

符号	名称	材質	個数	処	理	備	考
作図	年	月	日	尺度	客先	新日本空調(株) 設	
設計	検	示	認	品名	端末構造図		
日本シーズ線株式会社				図番	D4-111-3		



特性仕様

定格流量 3360M³/H (56M³/m)

圧力損失 ≒75mmAq (初期フィルタ時)

材質 鋼

検査項目

- 1) 外観・寸法検査
- 2) 耐圧検査 +1000mmAq (ノーマスト付機)
- 3) 気密検査 12mmAq
- 4) フィルタ通過試験
- 5) 液体透過率試験 外面接続部100%透過
- 6) 材料検査 (耐圧部材料0%) / 1/2 寸法検査

重量

ノーマスト ≒250kg

フィルタ ≒410kg

製作数量

1台

10	フランジ	SUS-304	2	JIS 10 ⁺ 200A
9	サンプリングパイプ	SUS-304	2	25Aパイプ (アクリル)
8	サンプリングパイプ	SUS-304TP	8	20Aパイプ ソケット (アクリル) 取付
7	HEPA フィルタ	鉄 枠 ガラス繊維 SUS 枠 49x	4	規格品
6	A8X フィルタ	SUS 枠 49x	8	規格品
5	差圧計	市 販	3	0~100mmAq (F711-2)
4	ボートカバー締付バンド	プラスチック SUS-304	24	
3	ボートカバー		6	E3
2	フィルタ締付装置		6	
1	ケーシング	SUS-304	1	E3

品番	品 名	計 数	製 造 廠	備 考
製図	尺 寸	54・2・7	第3角法	製図が、仕様書と異なる場合は、製図を優先する。 再処理施設用。 I=パックフィルタユニット外形図
製図	尺 寸	54・2・8	尺 寸	
承認	製 材	54・2・8	N.F.S.	
日本無機繊維工業株式会社				図 号 UD-0203

図-5 常用フィルタケーシング外形図

UD-0148A

UD-0148A 53-7-24
 △ 規格: SUS-304 53-7-24
 △ 規格: SUS-304 53-7-24

特性仕様

定格風量	5040 CMH (84CMM)
圧力損失	≒ 73 mmAR (初期フィルタ時)
捕集効率	99.0%以上 (R-1129-7) CH-WI型 95.0%以上 (R-1129-7) フィルタユニット 現場設置

塗料

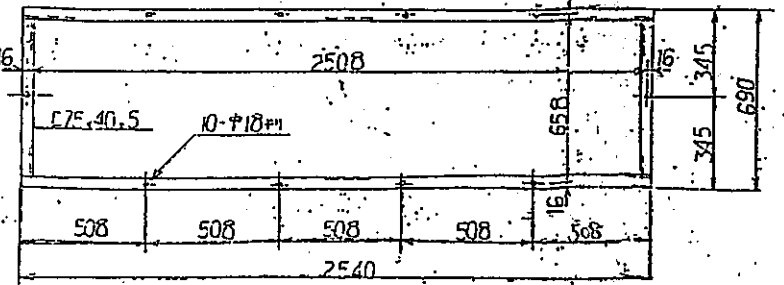
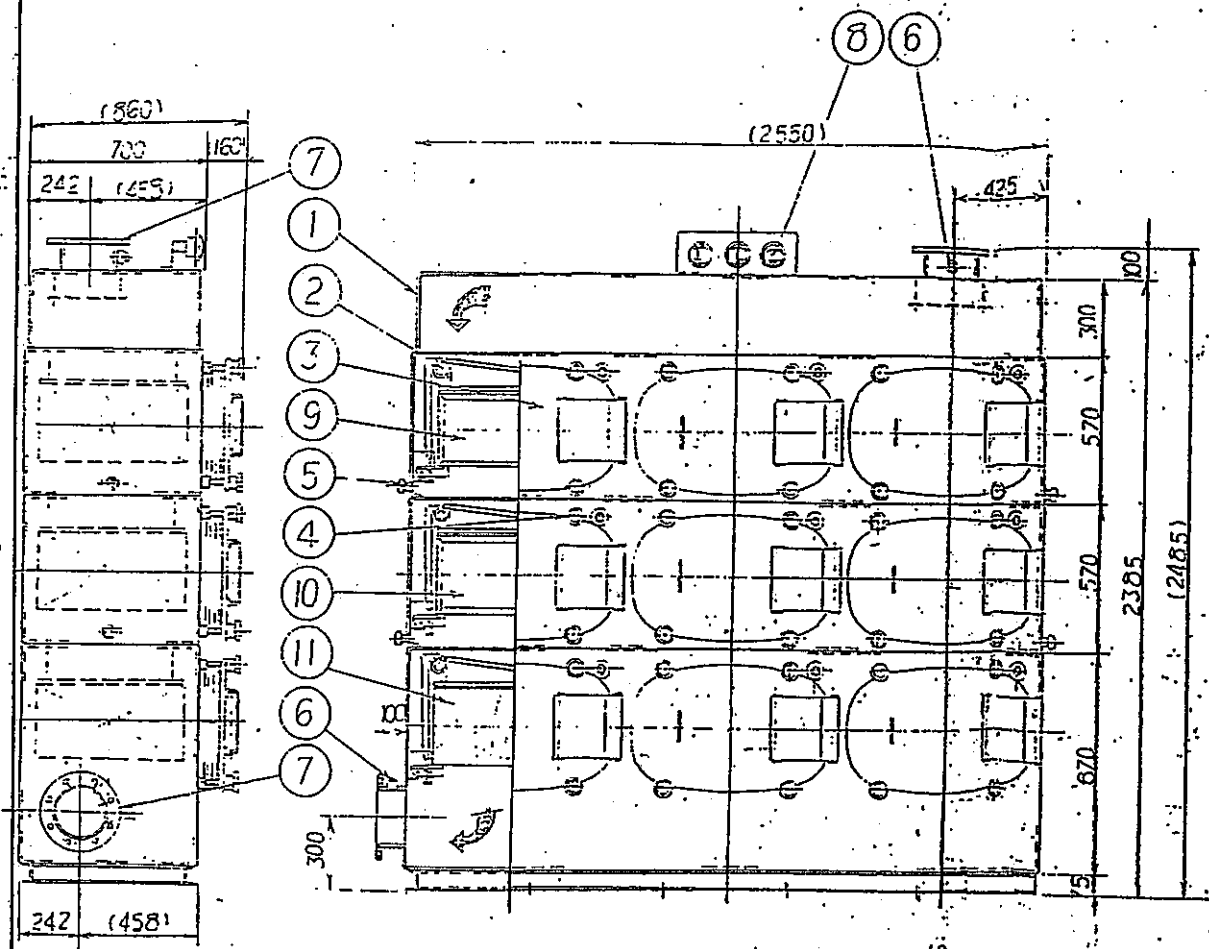
内面: カリボキシ樹脂塗料仕上ケ (色相 2575R)
 外面: 塩化ビニル樹脂塗料仕上ケ (色相 2575R)

重量

フィルタユニット ≒ 1100 kg
 フィルタ ≒ 440 kg

検査項目

- 1) 外形寸法検査
- 2) 耐圧検査 -600 mmAR
- 3) 漏密検査 0.5VOL%/H-200 mmAR
- 4) フィルタ装着検査
- 5) 現場性能検査 (イプステストハCHWI型)



品番	品名	材	数	備
11	高性能フィルタ		3	支給品
10	活性炭フィルタ	SUS種 活性炭	3	型式 CH-WI型 寸法 610,610,290
9	活性炭フィルタ	SUS種 活性炭	3	型式 CH-WI型 寸法 610,610,290
8	差圧計	市販	3	0~100 mmAR (F24F-2)
7	フランジ	SS-41	2	200A, IIS-5
6	サンプリングパイプ	SUS-304	2	25Aパイプ(テラテ付)
5	サンプリングパイプ	SUS-304	4	20Aパイプ(テラテ付)
4	ボートカバー締付ハンドル	プラスチック SS-41	36	
3	ボートカバー	SEHC	9	E32
2	フィルタ締付装置	SS-41	9	
1	ゲージング	SEHC	1	E32

- 付属品
- 1) 200A用ボートカバー 9セット
 - 2) フィルタ締付装置 1ヶ
 - 3) 取扱説明書 1冊

- 除外
- 1) 相変換装置用フィルタユニット
 - 2) ボートカバー

図-6 予備フィルタケーシング外形図

製図	K.KOBA	53-7-19	第3角法	製加工程材料関係事業所 再処理施設向 1=バックフィルタユニット外形図
番付	M.L.P.	53-7-20	R. 度	
承認	鈴木	53-7-20	1/20	
日本無機繊維工業株式会社 結城工場				UD-0148A

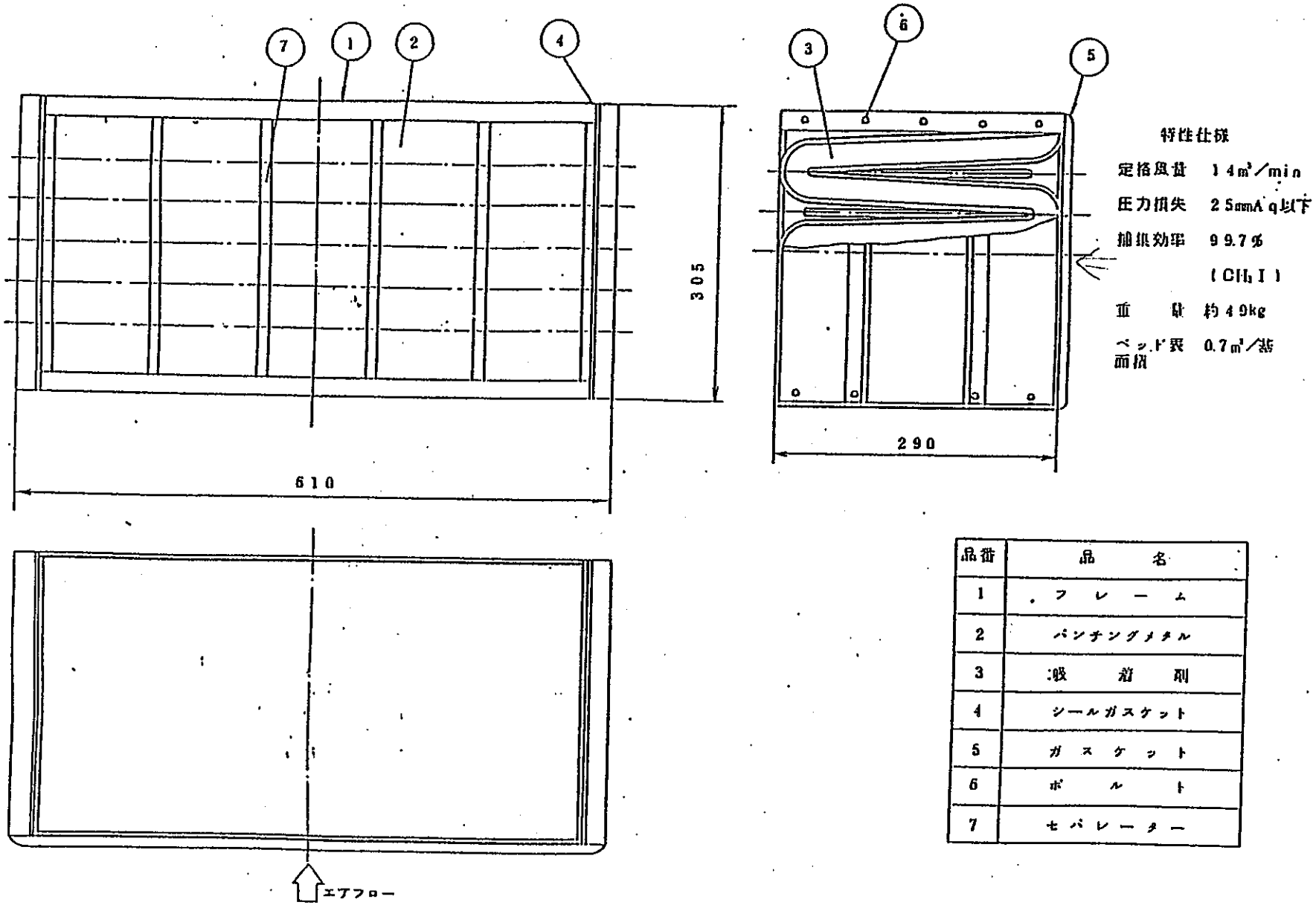


図-7 AgXフィルタ外形図

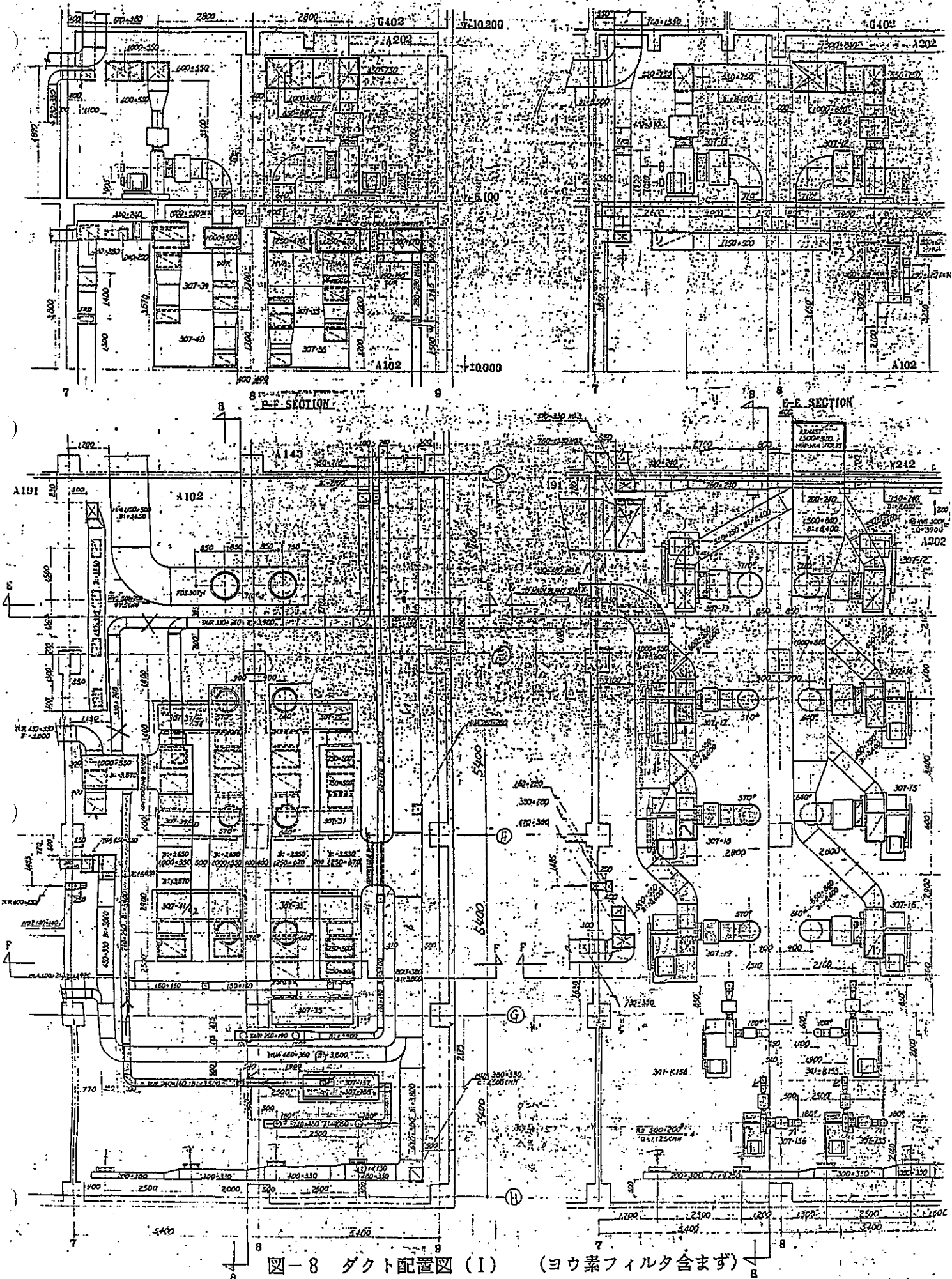
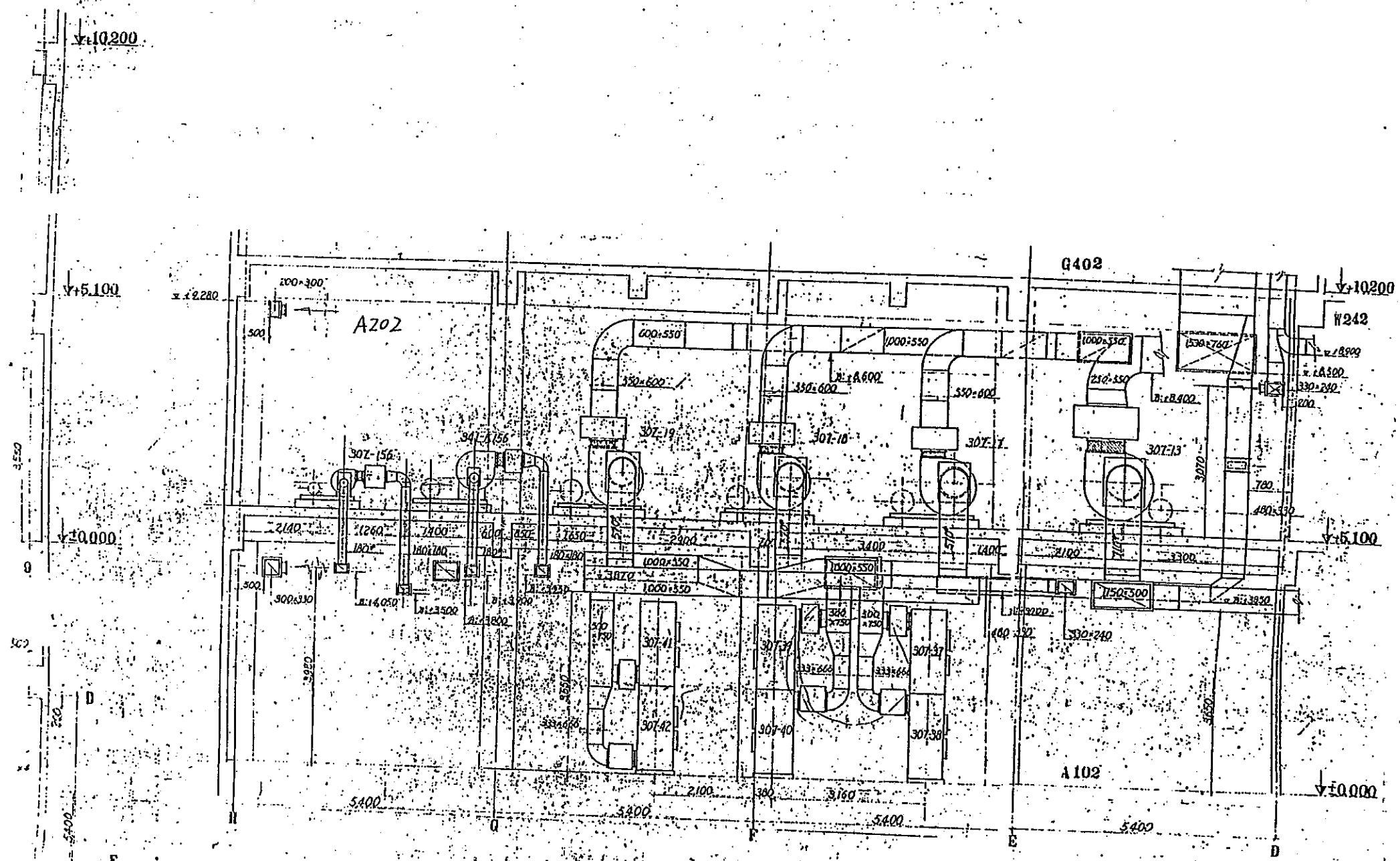


図-8 ダクト配置図 (I) (ヨウ素フィルタ含まず)



B-B SECTION

図-9 ダクト配置図 (II) (ヨウ素フィルタ含まず)

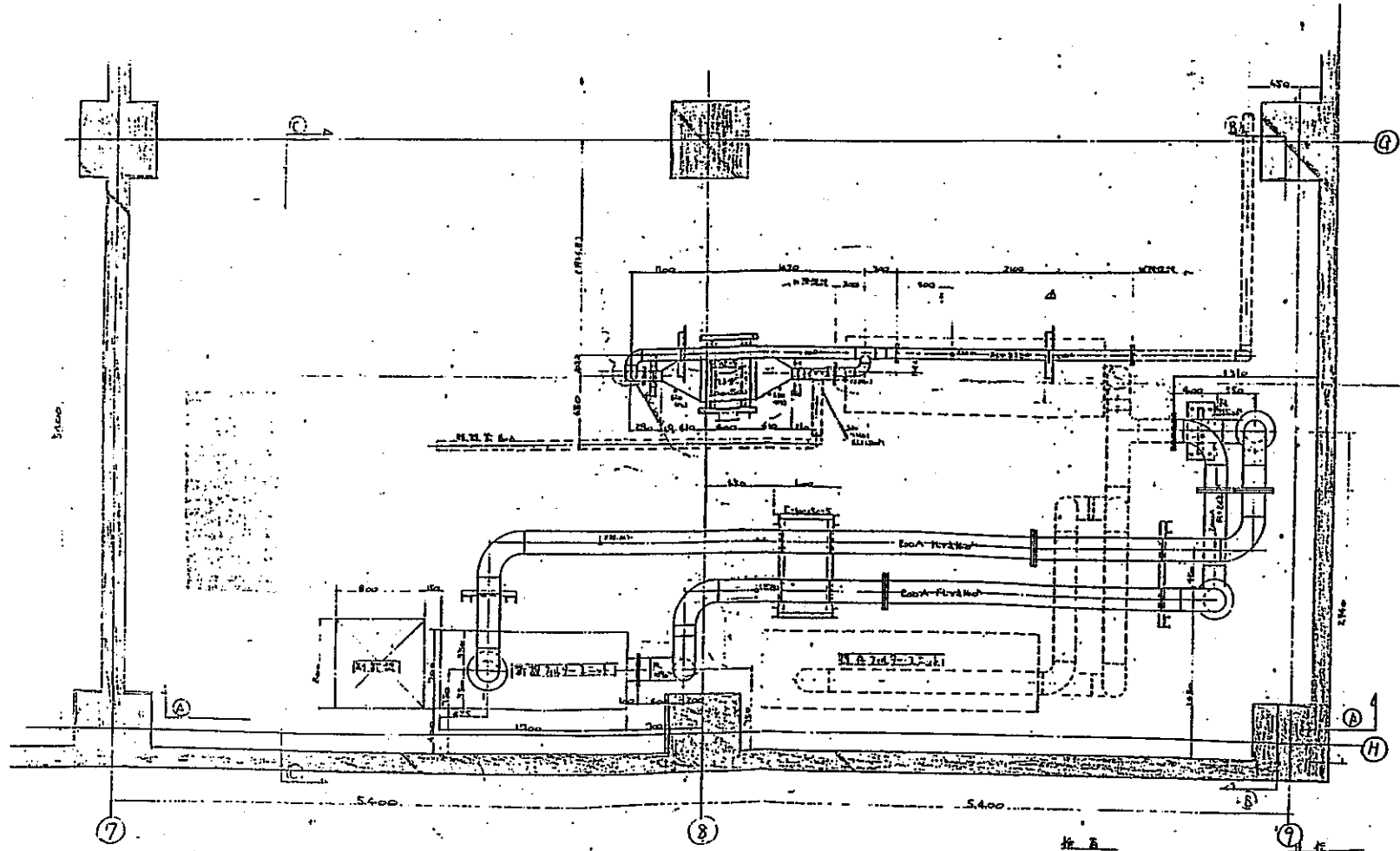


図-10 ダクト配置図 (Ⅲ)

仕様 1. 材質 304ステンレス 2. 口径 100mm 3. 長さ 2000mm 4. 仕様書 新日本空研株式会社 5. 図面番 14-1048-A04 6. 図名 図-10		設計 1. 設計者 新日本空研株式会社 2. 設計日 昭和34年11月 3. 設計場所 新日本空研株式会社	
図番 14-1048-A04 図名 図-10	縮尺 1/10	製図 1. 製図者 新日本空研株式会社 2. 製図日 昭和34年11月 3. 製図場所 新日本空研株式会社	検査 1. 検査者 新日本空研株式会社 2. 検査日 昭和34年11月 3. 検査場所 新日本空研株式会社
新日本空研株式会社 NEW JAPAN AIR CORPORATION CO., LTD.		14-1048-A04	

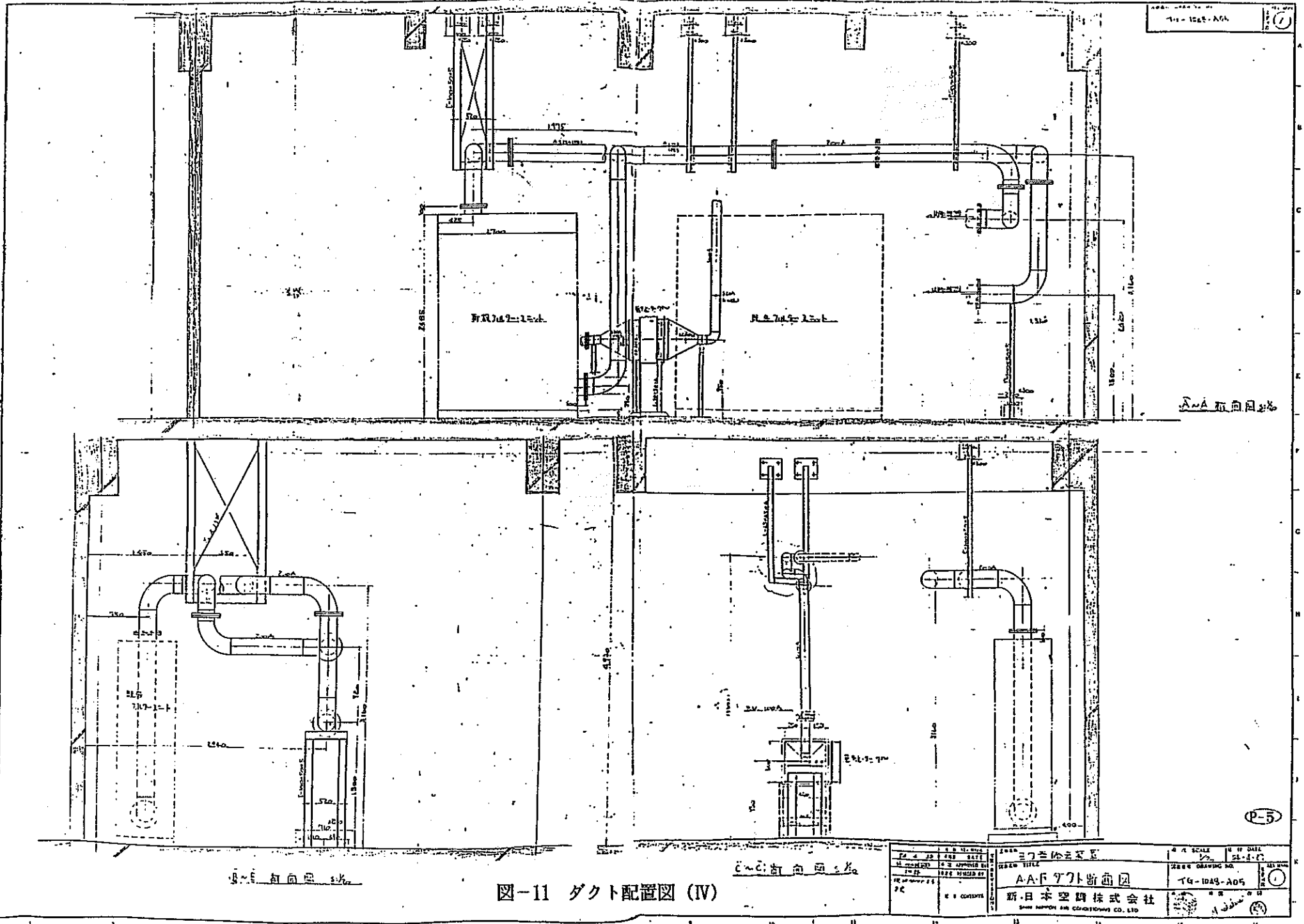


図-11 ダクト配置図 (IV)

新日本空調株式会社 新日本空調株式会社 NEW NIPPON AIR CONDITIONING CO., LTD.		図名 AAR 777 断面図 74-1043-A04	縮尺 1/20	日付 52.8.27
設計 PC	校核 PC	承認 PC	製図 PC	検査 PC

(P-5)

表-1

SILVER ZEOLITE(Ag-X)Type III仕様

1. 組成	合成ゼオライト, X型モレキュラーシーブ SiO ₂ /Al ₂ O ₃ 比2.8
2. 交換金属カチオン	銀
3. 銀交換率	98%(min)
4. 銀成分	37.5%(dry base)
5. 粒子寸法	ビーズ型 10×16mesh(U.S.)(ASTMD2662)
6. 充填密度	1.01g/ml(ASTMD 2854)
7. 硬度	75(min)(MTL-C-17605B)
8. 水分含有率	12%(重量max.)
9. バインダー	Acid resistant type 20%(重量max.)
10. 粒子寸法 (ASTMD 2862)	
~#8	100%
~#10	99%
~#14	33%
~#16	5.3%
~#20	0.17%
11. 着火温度	不燃性
12. 最高使用温度	900℃
13. リテンション効率	100%(appx.)180℃
14. 使用期間	5~7年
15. 圧力損失(充填ベッド)	25.4mm(5cmベッド厚Ag-X線速度20cm/sec)
16. 吸着量	85mg/g-Ag-X CH ₃ I
17. 経年変化	なし

表-2 既設排風機 (307K155/K156) の仕様

設備管理台帳		管理番号	名称		U307-K156		経歴	製造年月日	1973
施設区分	放射性廃棄物の廃棄施設		設置場所	AAF-A202		重要度分類	製造番号	R-218074-07/2	
設備区分	気体廃棄物系		完成図番			検査区分	製造社	荏原	
機器分類	槽類換気系排気設備 排風機		関連図番				法定 規定 基準	自主	製造規格
機 器 仕 様									
主要な機器類	排風機		主要な電気種別	電 動 機		分電盤名	EB		
型 式	2SRP-20		型 式	IK(DBK)		設置場所	AAF-G402		
送風量	20 $\frac{m^3}{h}$		出 力	1.5 Kw		電源の種類	1.2変系, 2号系, AE		
負 圧	186 \frac{mmHg}		電 圧	400 V		起動方式	じか入		
駆動方式	Vベルト A-75 x 1		定格電流	3.4 A					
回転数	3750 rpm		回転数	1420 rpm					
ベアリング	LS	6308	ベアリング	極 数	4 P		主要な付属品		
	OS	6308		LS	6205 vv				
軸封方式			OS	6205 vv					
油 潤 名			絶縁階級	E					
設置方法			製作規格	JIS C 4210					
主要材質			製 作 社	東 芝					
重 量			製造番号	2301574/3					
構成部品			構成部品						

3.2 既設装置の運転条件の把握

3.2.1 処理ガス条件

ヒータ (307H1581) 入口側での条件で示す。

風 量 ; 350m³/h (25℃)

温 度 ; 30~40℃

湿 度 ; 40~60℃

NO_x(NO+NO₂) ; 20~50ppm

¹²⁹I濃度 ; 平均 4×10^{-9} μCi/cc

(ヨウ素の化学形態は不明)

3.2.2 プロセス条件

系内圧力 ; 常圧

ヒータ出口側温度 ; 45~55℃

3.2.3 ヨウ素除去効率

表-3に既設ヨウ素除去装置のDFの経年変化を示す。また、図-12は同表のデータをプロットしたものである。

No.	期 間	フィルタ入口量 ($\mu\text{Ci/day}$)	フィルタ出口量 ($\mu\text{Ci/day}$)	D F	フィルタ入口濃度 ($\mu\text{g/m}^3$)	備 考
1	S55 1/7~2/17	5.3	0.06	85	3.9	
2	S55 4/14~7/12	85	0.24	357	6.2×10	
3	S55 9/2~12/5	11	0.17	63	8.1	
4	S56 1/13~3/19	0.73	0.01	69	5.4×10^{-1}	
5	S56 5/2~7/3	1.9	0.03	57	1.4	
6	S56 9/7~10/27	16	0.45	36	1.2×10	
7	S56 11/5~12/16	40	0.52	79	2.9×10	
8	S57 1/25~3/26	71	7.3	10	5.2×10	NOx>10% フィルタ交換
9	S57 4/8~4/30	34	0.38	88	2.5×10	
10	S57 5/20~7/8	55	1.0	55	4.1×10	
11	S57 9/18~12/10	31	1.4	23	2.3×10	
12	S58 2/15~3/9	30	3.8	7.9	2.2×10	
13	S58 12/3~12/27	8.5	0.18	47	6.2	
14	S60 2/18~3/18	6.8	1.6	4.4	5.0	
15	S60 4/5~5/31	14	4.8	3.0	1.0×10	
16	S60 6/15~8/4	27	10	2.7	2.0×10	
17	S60 9/12~11/27	43	16	2.7	3.2×10	

排 風 量 350 m^3/hr
線 速 度 3.5 cm/sec
 ^{129}I 比放射能 $6.18 \times 10^3 \text{g}/\text{Ci}$

表-3 AAF, E施設槽類換気系AgXフィルタのDF変化

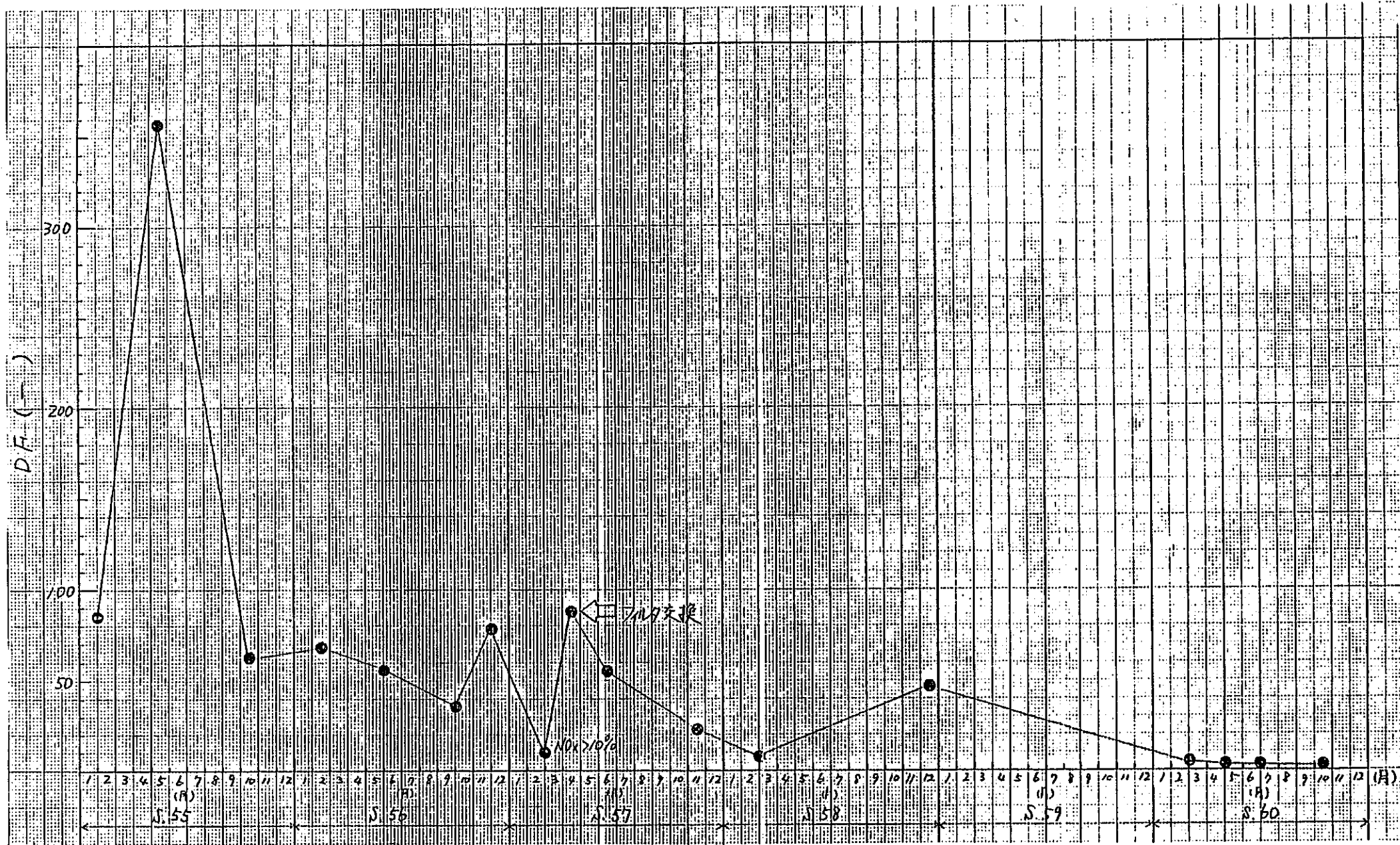


図-12 既設ヨウ素除去装置 DF経年変化

(表-3の値をプロットしたもの)

3.3 ヨウ素除去効率に関する既存データのまとめ

空気中のヨウ素を除去するための銀交換ゼオライト (AgX) の性能に影響する因子は数多く、(1)処理ガス中の不純物、(2)AgXの粒径、(3)温度、(4)湿度、(5)AgXベッド厚さ、(6)線速度、(7)ヨウ素の化学形、(8)ヨウ素濃度などが挙げられるが、中でも温度、湿度、ベッドの厚さ、線速度及びヨウ素濃度の各因子は本効率化プロセスを検討する上では重要であると考えられる。しかしながら、現状ではこれらの各因子と除去効率の関係が定量的に明確にされているとはいえない。ここでは、こうした状況を踏えた上で、次項における既設置の定量評価を行うために、既報の文献データあるいは弊社の実測データから上記重要因子と除去効率の定量的関係を仮定した。

以下にその結果を示す。

① ベッド厚さ

図-16, 17によると、 $\log DF$ とベッド厚さ X_d の間には、 CH_3I 濃度 $0.1 \sim 10 \mu g/m^3$ で次の関係が得られる。

$$\log DF = k \cdot X_d \quad (k : \text{係数}) \quad (3.3.1)$$

② 線速度

図-19によると、 20 cm/s 以下であれば、影響は少ない。

③ 湿度

図-14によると、線速度が速い場合には顕微な影響が見られるが、遅い場合には影響は少ない。本検討における 20 cm/s 以下の場合の定量的なデータはないが、湿度が低いほど効率は上がる。

④ 温度

図-13によると $50 \leq T \leq 120^\circ\text{C}$ の範囲では、 $\log DF$ と吸着温度 T とは比例し、次の実験式が得られる。

$$\log DF = 1.36 + 0.0131 T \quad (3.3.2)$$

(3.3.1), (3.3.2)より $\log DF$ と X_d 及び T の間には次の関係があると仮定することができる。

$$\log DF = k \cdot X_d \cdot (T + 104) \quad (3.3.3)$$

⑤ 濃度

図-20によると、吸着効率 η とヨウ素濃度 C (mg/m^3) 対数は $10^{-2} \leq C \leq 1 \text{ mg}/\text{m}^3$ の範囲では比例することがわかる。

温度 80°C 、湿度 $RH = 90\%$ 、線速度 20 cm/s 、ベッド厚さ 50 mm の時には次の実験式が得られる。

$$\eta = 99.3 + 1.6 \log C \quad (3.3.4)$$

⑥ ま と め

本検討における濃度 $2.5 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^2$ の場合^{注)}には、温度 80°C 、ベッド厚さ 50mm の時 (3.3.4) 式より $\eta = 96.7$ となり $DF = 30.6$ となる。

これより (3.3.3) 式から $k = 1.62 \times 10^{-4}$ となり

$$\log DF = 1.62 \times 10^{-4} \cdot X_d \cdot (T + 104) \quad \text{-----} \quad (3.3.5)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} X_d : \text{ベッド厚さ (mm)} \\ T : \text{温度 (}^\circ\text{C)} \end{array} \right.$$

と表すことができる。

注) $2.5 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^2 = 25 \mu\text{g/m}^2$ の場合、図-16における実験 ($0.1 \sim 10 \mu\text{g/m}^2$) の範囲をはずれているが、(3.3.1) 式が適用できると考えられる。

3.4 既設装置の評価

前記の各因子と吸着性能の一般的な関係をもとに、既設設備の性能評価を行い、効率化のポイントを明らかにするものとする。

3.4.1 除去効率に影響を及ぼす因子の検討

(1) 処理ガス中の不純物

銀ゼオライトのヨウ素除去効率に対する不純物の影響を調べるために多くの研究が行われているが、試験期間が短い、あるいは試験条件が不統一で比較しにくい等のために明確な結論が出せないのが現状であると考えられる。

表-4及び5には、AgXによる元素状ヨウ素及びヨウ化メチルの除去効率に対する不純物の影響を示す。これらの結果より、硫黄含有化合物は、ヨウ化メチルの除去効率に悪影響を及ぼすことが明らかであるが、本装置の処理対象ガス中には、これらの硫黄含有化合物は含まれておらず、特に考慮する必要はない。NOxについては、水分共存下で温度条件によっては悪影響を及ぼすことも懸念されるが、20~50 ppm程度の濃度では問題とするに足らないものと考えられる。

(2) AgXの粒径

表-6にヨウ化メチルの除去効率に及ぼす粒径の影響を示す。5 cm程度の比較的小さいベッドの場合には、粒径の大きさの影響がはっきり表れている。既設装置の場合には、ベッドの厚さ5 cm (2.5 cm × 2段)、粒径10 × 16 meshであり、粒径の影響を受けていることも考えられる。

(3) 温度

AgXによるヨウ素の除去は化学吸着に負うところが多く、温度が高くなれば、除去効率も上がることが予想される。図-13はほぼ同じ線速度と相対湿度の条件で、温度を変えてAgXのヨウ化メチルの除去効率を比較したものである。同図より、25℃~125℃の範囲では、明らかに水分が増加しているにも拘わらず、水分の増加によるマイナス効果以上に、高温になるほど除去効率が大きくなることが確認される。

これらの事実より、既設装置の場合には、温度がやや低いということが考えられる。

(4) 湿度

過剰の水分の存在は、明らかにヨウ素の除去効率にマイナスの効果を示す。図-14、15に湿度の除去効率に対する影響を示す。

既設装置の場合、湿度の影響の有無を明確にはできないが、吸着温度を上げるとか、あるいは除湿を行う等により極力湿度を下げることを望ましい。

(5) 吸着ベッド厚さ

表-7、表-16,17,18に除去効率とベッド厚さの関係を表わす測定データの一例を示す。これらの結果より、DFとベッド厚さ(X_d)の間には(3.3.1)式に示されるように

$$\log DF = k \cdot X_d \quad (k: \text{定数})$$

の関係があることが認められる。

既設装置の吸着温度50℃、ベッド厚さ25mmの場合には(3.3.4)式によるとDFは

$$\log DF = 1.62 \times 10^{-4} \times (25 \times 2) \times (50 + 104) = 1.25$$

$$DF = 18$$

この計算値と既設装置の運転条件を比較した場合、湿度、面速度の面から、既設装置の方がより高いDFが期待できるため、既設装置のDFは数十程度と推定され、表-3に示した実測結果はうなずかれる。詳細は後述するが、この様な微少なヨウ素濃度下で $DF \geq 100$ を得るためには、ベッド厚さを増やすことが有効な対策の一つであると考えられる。

(6) 線速度

ガスを物理吸着する場合に最も有効な速度は5 cm/sec程度であるといわれるが、これは化学吸着に対しても有効であると思われる。しかし、この様に速度を小さくとると、ベッドの面積と非常に大きくとらねばならなくなるため、合理的な妥協点として15~20cm/sec程度が選定されているのが実情である。図-19に示すデータから推定されるように40ft/m(=20cm/sec)以下では、線速度は除去効率に特に著しい影響はない。

既設装置では、線速度は3.5cm/secと非常に低いので、上記検討内容を踏まえ、除去効率に悪影響を及ぼさない範囲で速度を上げ、設備の有効利用を図るのが望ましい。

(7) ヨウ素の化学形態

再処理工程内でのヨウ素の挙動を把握し、適切な除去対策を実施する上で、ヨウ素の化学形態を知ることは重要であるが、現在のところWAK再処理工場での測定値以外には報告されていないようである。下表にWAK再処理工場排気中のヨウ素化学形態の測定結果を示す²⁾。

	割合 (%)		
	最小	最大	平均
無機ガス状	21	97	74
有機ガス状	2	54	23
エアロゾル状	0.04	14	2

(3ヶ月間測定値)

本処理ガス中では、ヨウ素がいずれの化学形態で含まれているか不明であるが、上記WAKの測定値から無機ヨウ素あるいは有機ヨウ素の形で含まれていると考えるのが妥当であろう。

一般に、無機ヨウ素は反応性に富み、物質の表面にもよく吸着される。一方、有機ヨウ素は反応性が低く、除去されにくい。従って、ヨウ素除去技術はこの除去されにくい有機ヨウ素（主として CH_3I ）を対象として研究されており、本概念設計においても全量この CH_3I であるとの仮定のもとに検討を行うものとする。

(8) ヨウ素濃度

多くの研究者がヨウ素濃度の影響を調べ、濃度が低下するに従って除去効率が低下することを報告している。弊社での測定値を図-20に示しているが、同図からもこの傾向が認められる。一方、図-21には既設装置における実測値を示すが、これからは濃度の影響を認めることはできない。

3.4.2 効率化のポイント

3.4.1項において検討した内容を要約すれば、次のようになる。

- ① 不純物（主に NO_x ）の影響；特にないと考えられる。
- ② 粒径の影響； 10×16 meshの場合、ベッドがうすい場合（5cm程度）影響を受けることが考えられる。
- ③ 温度の影響；化学吸着が主であり、効率を上げるためには温度を上げるのがよい。
- ④ 湿度の影響；過剰の水分は効率の低下をきたす。除湿あるいは昇温により湿度を下げるのがよい。
- ⑤ 吸着ベッドの厚さの影響； $\text{DP} \geq 100$ を得るためには既設ベッドは薄すぎる。
- ⑥ 線速度の影響；既設装置の場合、効率面では特に問題はないが、配置等の面から、線速度を $15 \sim 20 \text{cm/sec}$ 程度にあげて装置のコンパクト化を図るのがよい。
- ⑦ ヨウ素の化学形態の影響；除去効率は化学形態に影響を受ける。しかし、現状では不明であるので、除去されにくい CH_3I で考えておく。
- ⑧ ヨウ素濃度の影響；影響を受ける。従って、処理対象ガス中のヨウ素濃度に近い条件で得たデータを用いて設計する。

以上述べた点から効率化は次の点に絞って検討するのが最も有効であると考えられる。

- ① ベッド厚さ
- ② 吸着温度
- ③ 処理ガス中の湿度

ここで①は吸着器単体の設計に直接関係する。乾式法による吸着除去システムを考える場合には②、③が重要となる。

既設装置においては

$$\text{ベッド厚さ } X_d = 25\text{mm} \times 2 \text{ 段} = 50\text{mm}$$

$$\text{温 度 } T = 50^\circ\text{C}$$

であるので

$$\begin{aligned} \log DF &= 1.62 \times 10^{-4} \times 50 \times (50 + 104) \\ &= 1.247 \end{aligned}$$

$$DF = 18$$

となる。DF = 100 以上とするために必要なベッド厚さは

$$\log 100 = 1.62 \times 10^{-4} \cdot X_d \cdot (50 + 104)$$

$$\therefore X_d = 80.2$$

$$50\% \text{ の余裕をみて } X_d = 120\text{mm}$$

以上により、既設装置をそのまま使用すると、フィルタが5段以上必要となる。従って、次章においては②③に焦点を絞って乾式法による効率化プロセスについて検討する。

表-4 AgXの元素状ヨウ素除去効率に対する不純物の影響^{a 3)}

Contaminant Gas	Amount (ℓ)	Duration (h)	Dissolver Contents ^b	Iodine Removal (%)
NO ₂	55	4	Al-HNO ₃	99.7
CO ₂	50	7	Al-HNO ₃	94.2
	600	1.3	Al-HNO ₃	99.2
	430	1.5	H ₂ SO ₄ -NaNO ₂	> 99.9
O ₂	630	1.2	Al-HNO ₃	98.4
	1200	2	H ₂ SO ₄ -NaNO ₂	> 99.9
SO ₂	500(10%)	1.5	H ₂ SO ₄ -NaNO ₂	> 99.9
H ₂ S	70(8%)	2	H ₂ SO ₄ -NaNO ₂	> 99.9
Propane	560	1.2	H ₂ SO ₄ -NaNO ₂	> 99.9
Hexane	distilled 200ml through bed	2	Al-HNO ₃	> 99.9

a A 5-cm deep adsorbent bed of 12-14 mesh AgX was maintained at ~22°C, superficial face velocities varied from about 5 to 25cm/s.

b Iodine was generated by dripping iodine in a dissolver containing nitric acid and aluminum metal. Because this solution could not be controlled very well resulting in acid carry over to the adsorbent, iodine was generated by dripping iodine in a sulfuric acid solution containing NaNO₂.

表-5 AgXのヨウ素除去効率に対する不純物の影響^{a 4)}

Contaminant Gas	Concentration (Volume %)	Removal Efficiency (%)
O ₂	10	99.94
CO ₂	10	99.95
NO ₂	10	99.79
H ₂	1.9	99.97
H ₂ S	0.06	42.20
SO ₂	1.9	31.48
Propane	10	99.89
Hexane	2.2	99.99
Kerosene	0.05	99.91

a Test conditions : 90℃, 90% R.H., 23cm/s, 0.1μ/m³ CH₃I,
and test duration ~4 h. Adsorbent was
12-14 granular AgX, 5 cm deep

表-6 AgXのヨウ化メチル除去に対する粒径の影響^{a 4)}

AgX Type and Size	Degree of Silver Exchange (%)	Relative Humidity (%)	Removal Efficiency (%)
Beads (8-12)	> 95	90	92.97
Beads (12)	> 95	90	94.87
Beads (14)	> 95	91	95.14
Beads (10-14)	> 95	90	97.11
Beads (10-20)	> 95	90	97.50
Beads (16)	> 95	90	97.98
Beads (14-18)	> 95	90	99.04
Beads (12-14)	> 98	90	99.95

a Test conditions: Bed depth, 5 cm; 125°C, 25cm/s.

~ 0.1 μg/cm³ CH₃I, test duration ~ 4 h

表-7 銀ゼオライトによる $\text{CH}_3^{131}\text{I}$ の除去効率⁵⁾

Molecular sieve and test beds: the same as in Table II.

Sweep gas: air, temperature: 30 °C, atmospheric pressure,

R. H. :70%, superficial velocity: 15m/min.

Duration of air flow : pre-humidification \geq 22h.

CH_3I injection: 1h(unless specified otherwise),

wet air flow continued for an additional 20-22 h.

Experimental conditions		$\text{CH}_3^{131}\text{I}$ Removal Efficiency(%)				
CH_3I loading (mg/g)*	CH_3I concentration (mg/m ³)	Bed depth (cm)	2.5	5.0	7.5	10.0
		Stay time (sec)	0.1	0.2	0.3	0.4
0.01(±20%)	1.0:(±20%)	'	73.52	94.65	98.85	99.79
0.21 "	20 "		68.93	92.20	98.07	99.60
0.27 "	27 "		67.54	91.55	97.84	99.47
1.0** "	50 "		74.63	94.17	98.54	99.51
1.5** "	75 "		73.72	94.30	98.85	99.76
3.6 "	360 "		63.36	89.55	97.37	99.44
4.4 "	440 "		60.94	87.74	96.80	99.36
6.7** "	330 "		57.46	85.69	95.17	98.46

* mg CH_3I per molecular sieve, calculated for 10 cm bed depth.

** CH_3I injection time: 2 h.

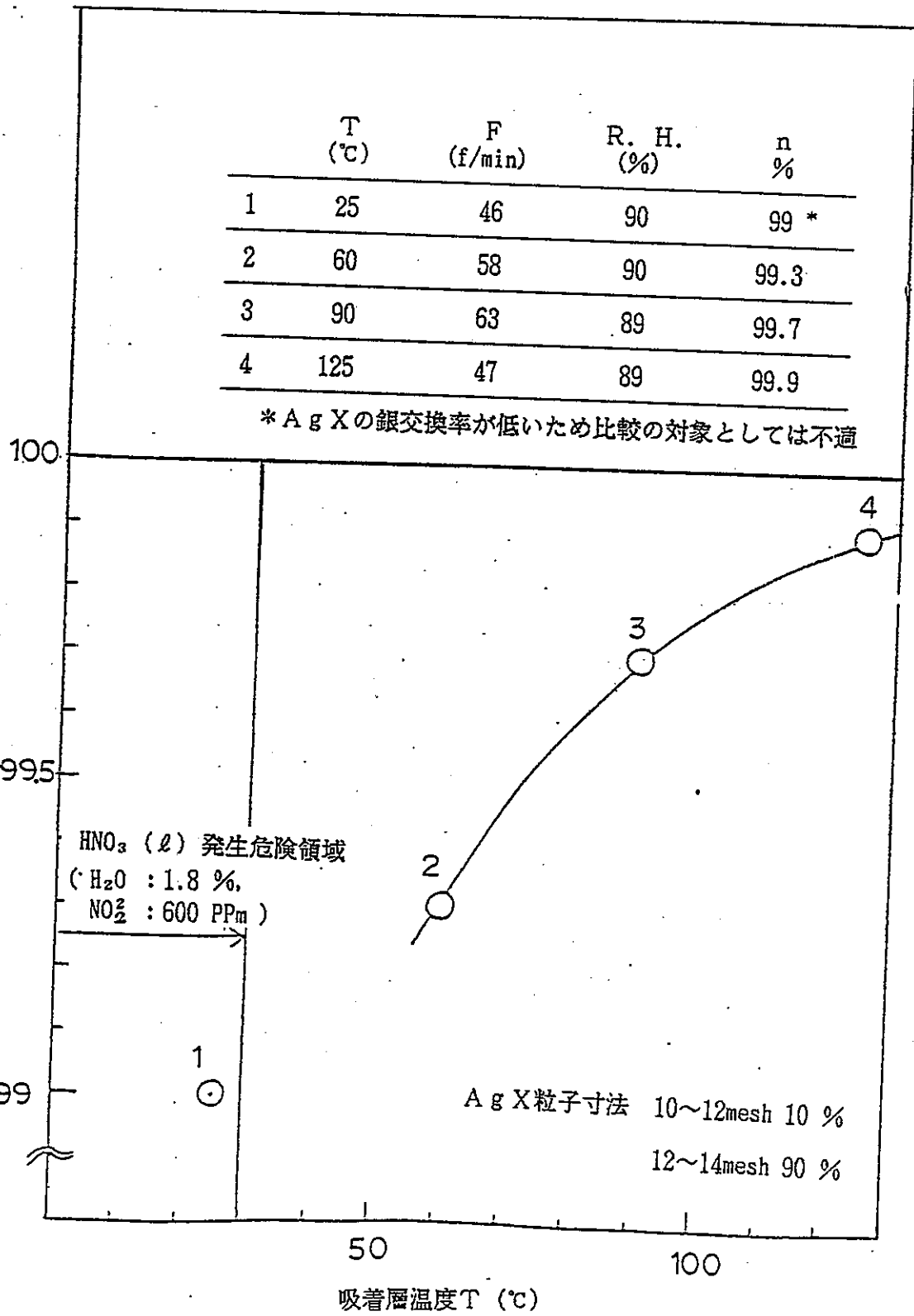


図-13 Ag Xによるヨウ素除去効率⁶⁾

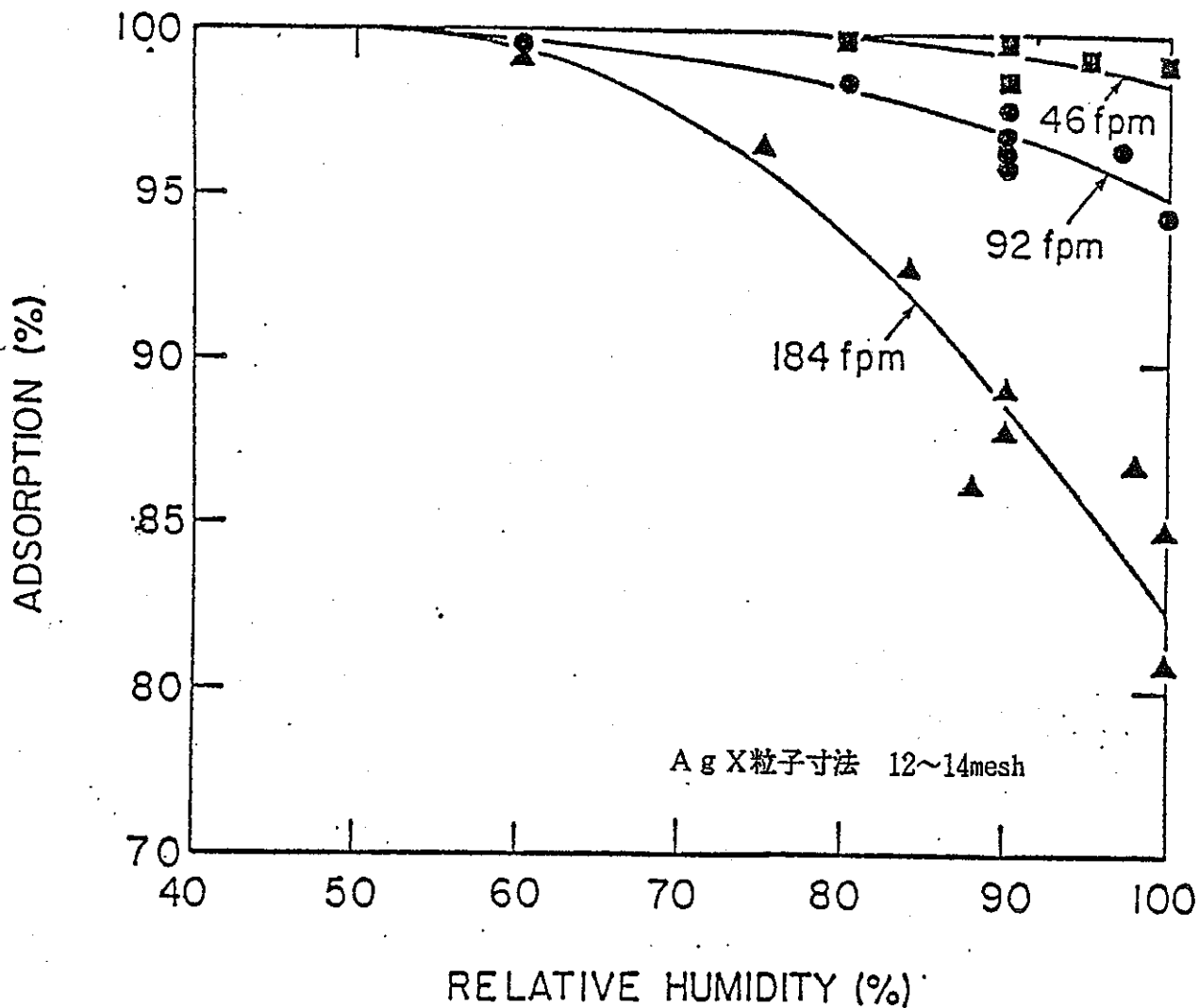


図-14 銀ゼオライトによるヨウ化メチルの除去効率 (25°C) ³⁾

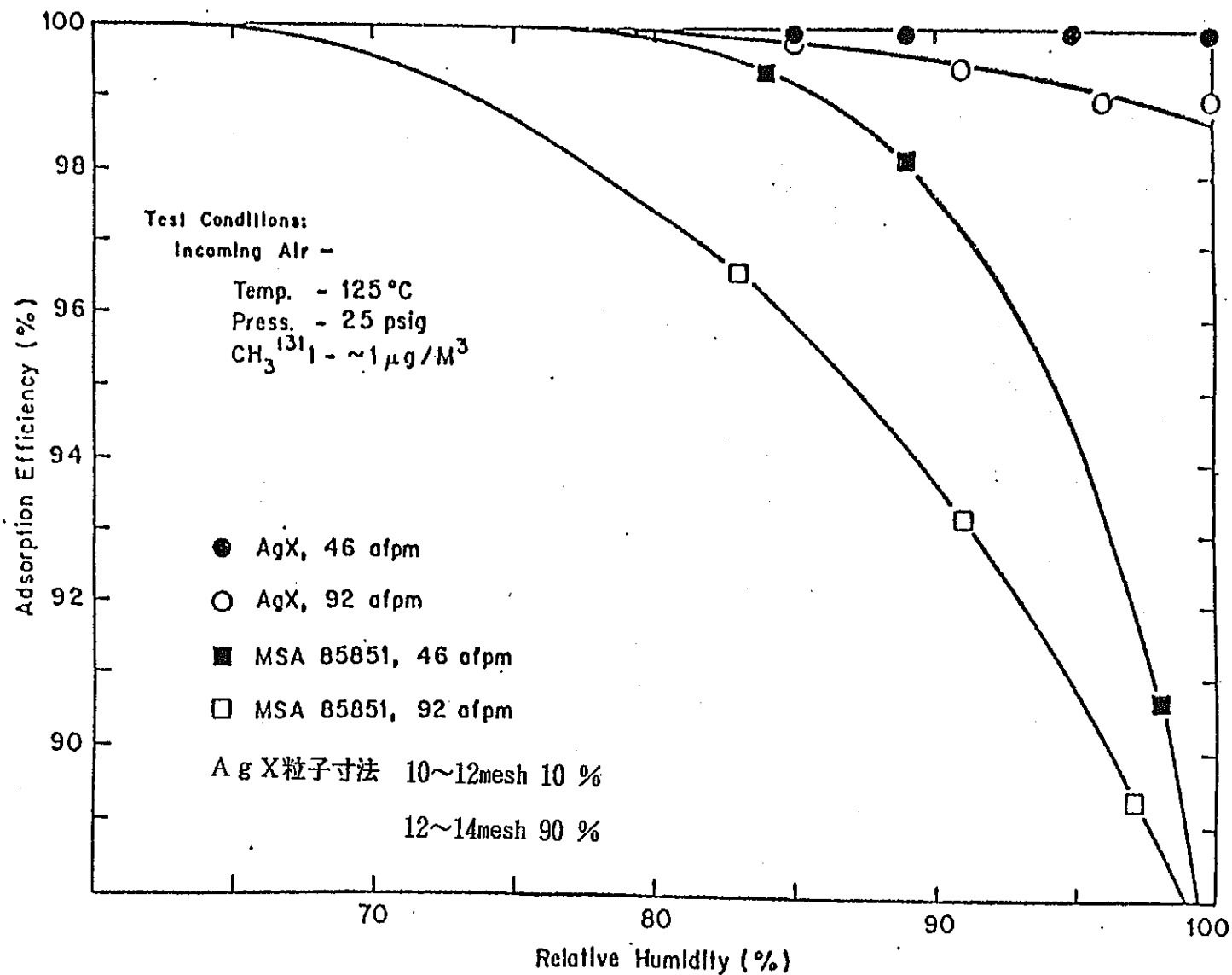


図-15 銀ゼオライトと添着炭の吸着曲線(125°C, 25psig)

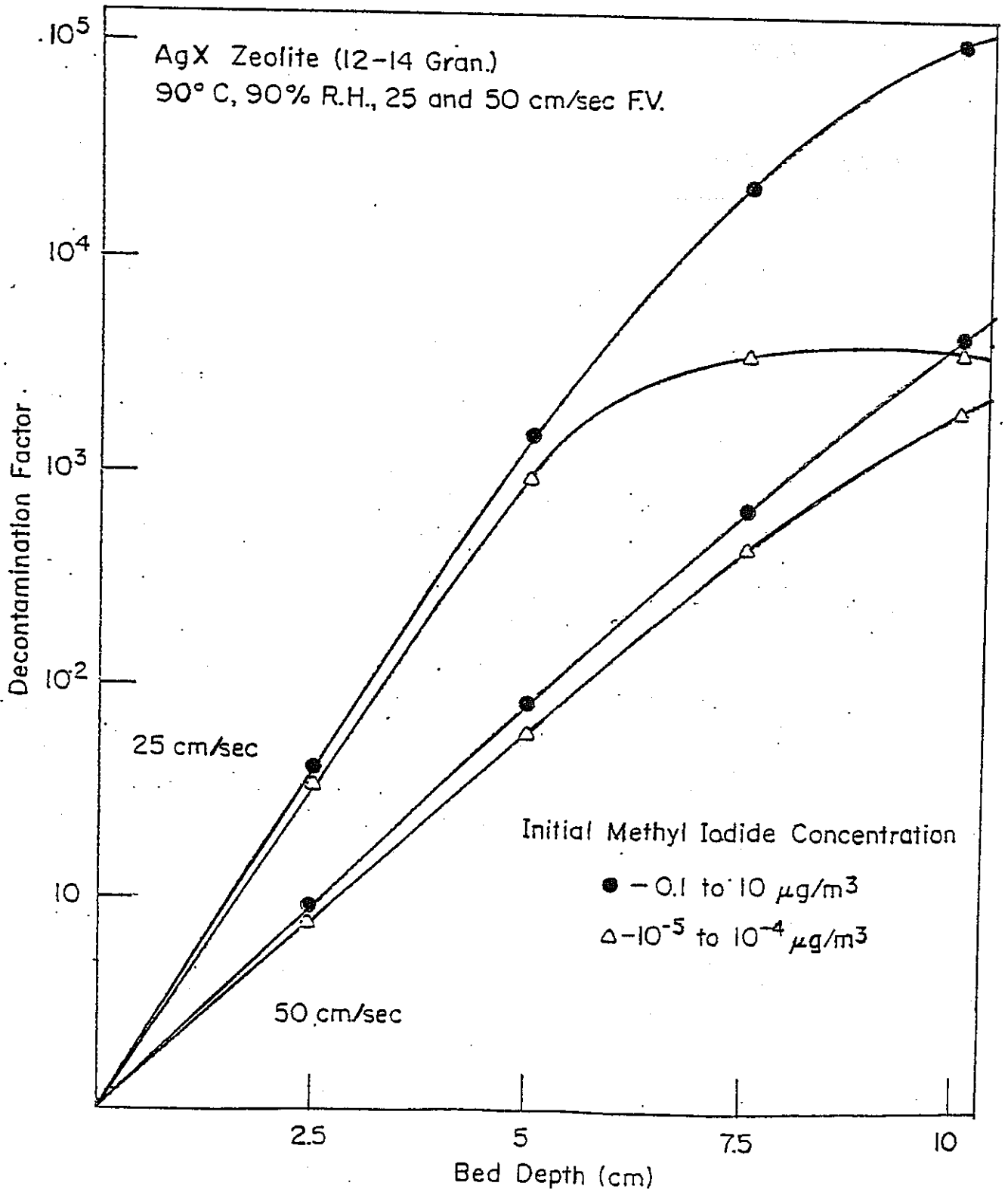


図-16 銀ゼオライトによるヨウ化メチルの除染係数⁴⁾

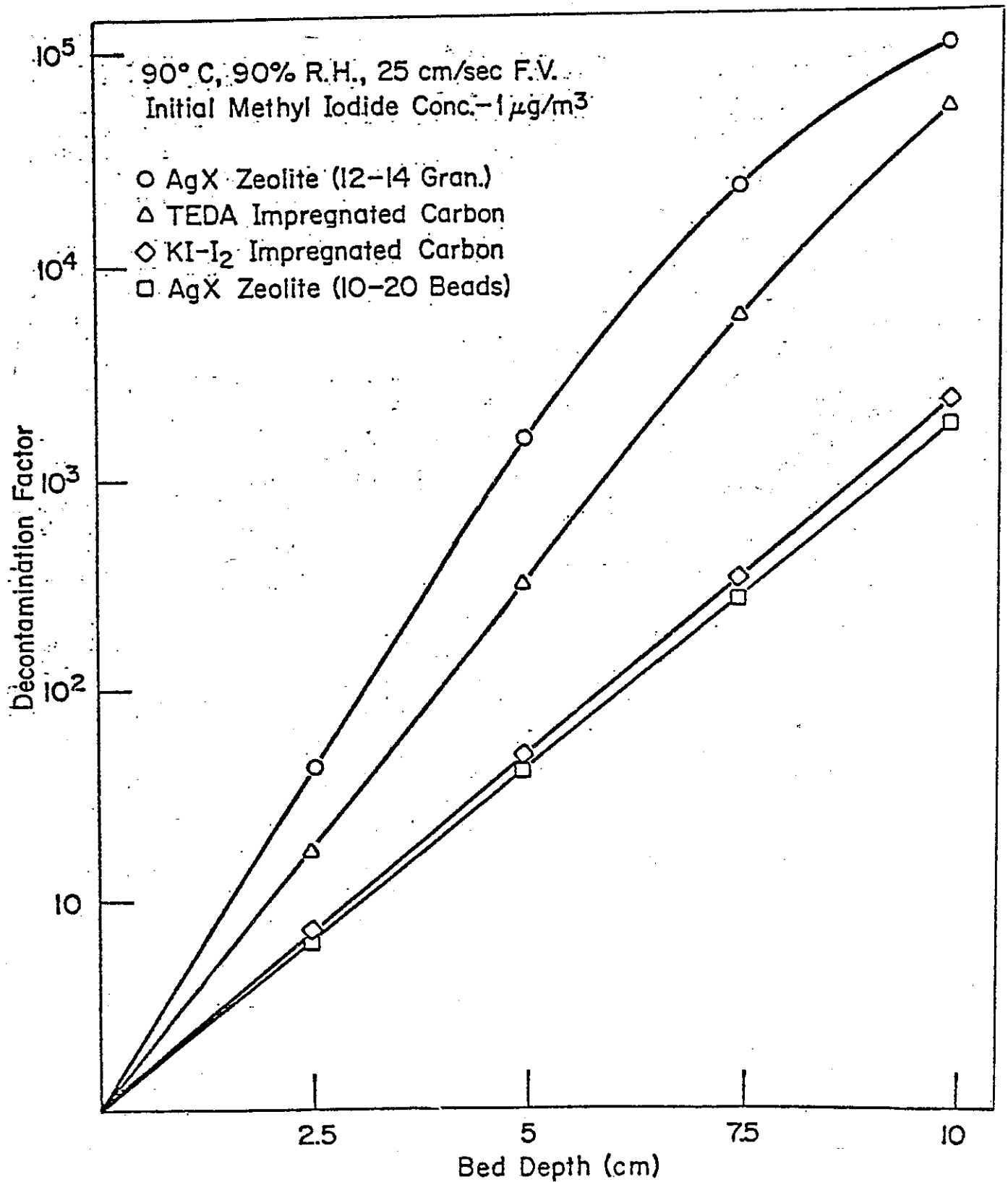


図-17 銀ゼオライトによるヨウ化メチルの除染係数⁴⁾

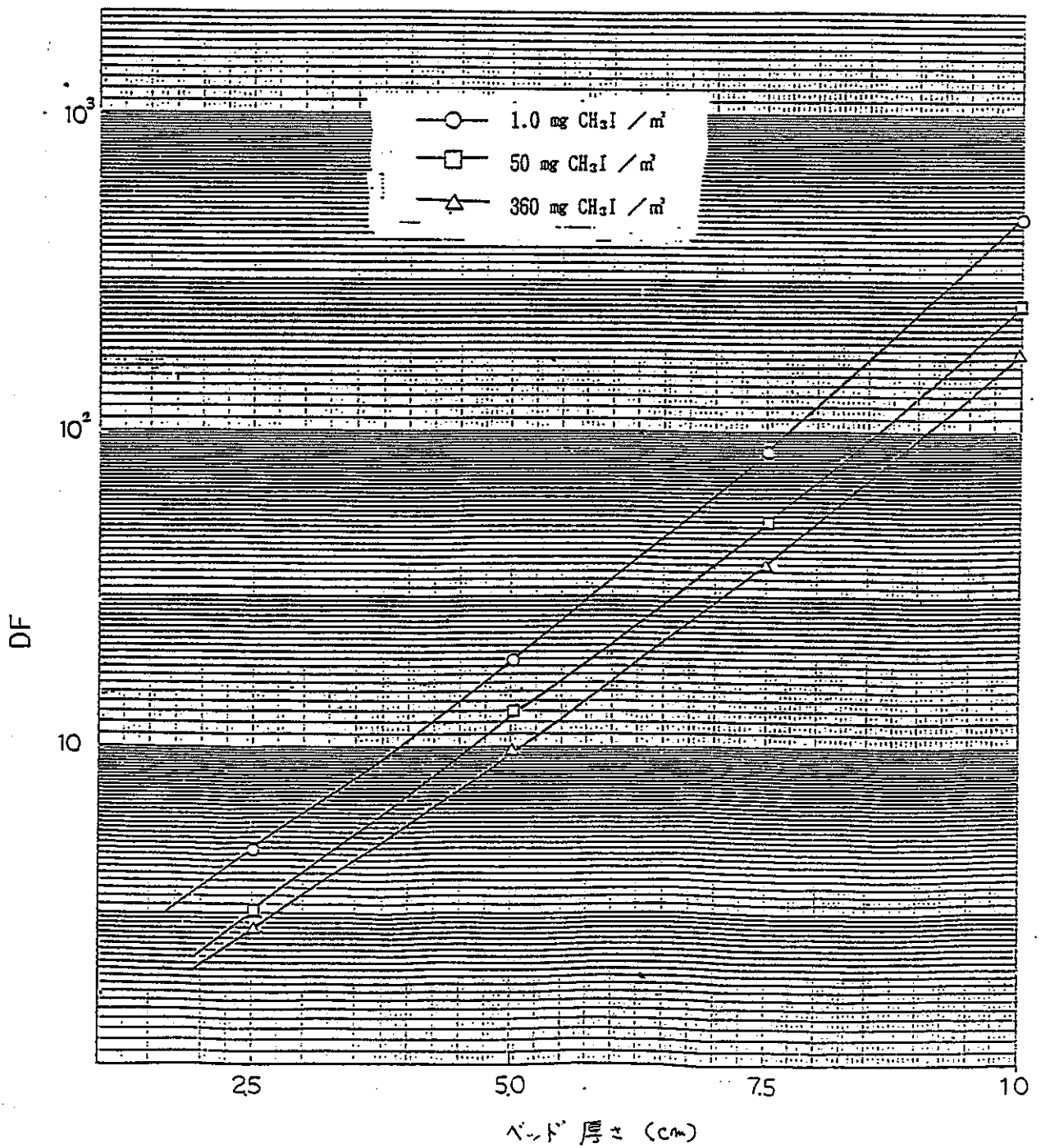


図-18 銀ゼオライトによる $\text{CH}_3^{131}\text{I}$ の除去効率
(表-7のデータをグラフ化したもの)

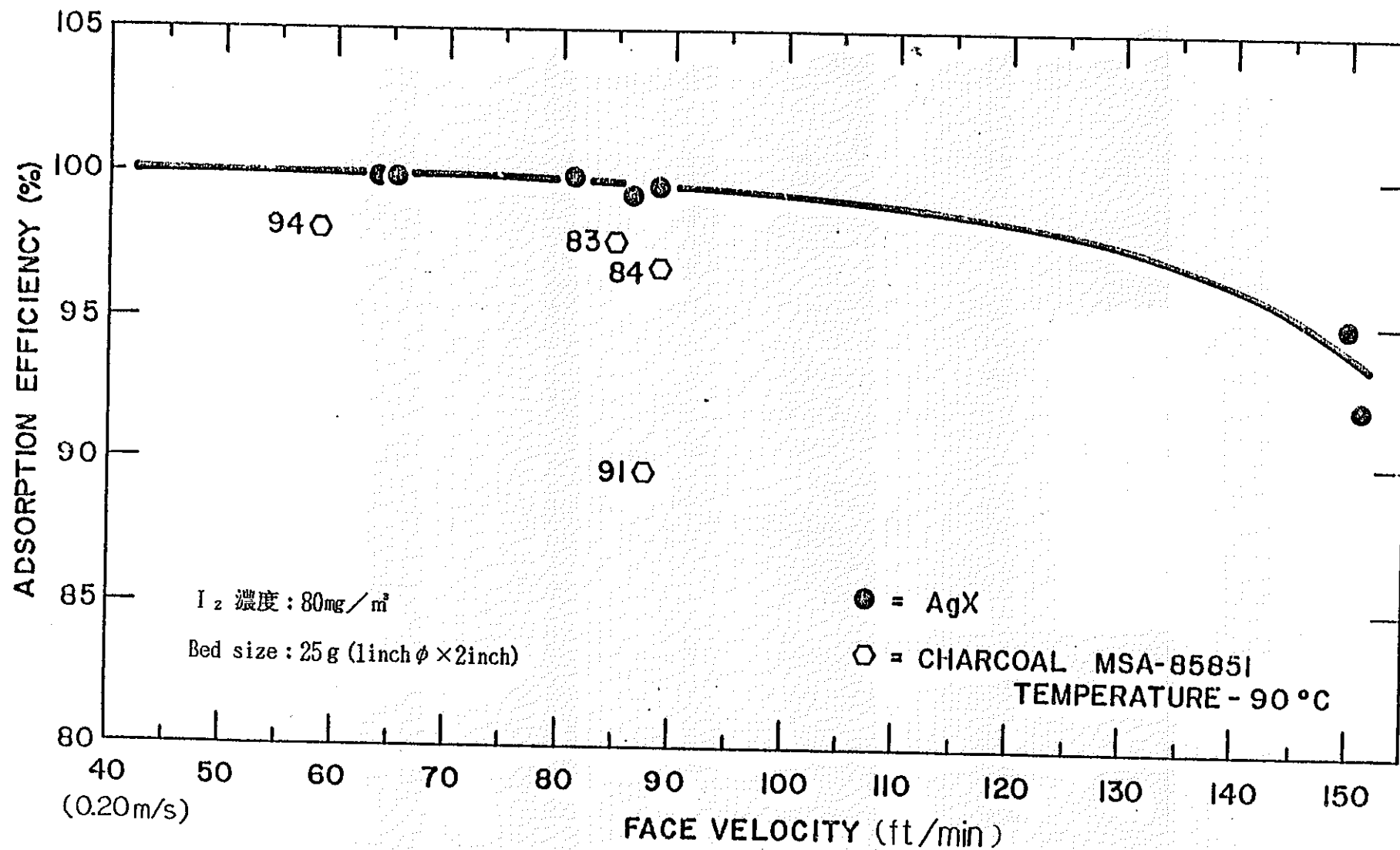


図-19 吸着効率に対する空塔線速の影響 ^{a)}

温度80℃、湿度RH=90%、面速度20cm/sec.、ベッド厚50mmにおける、
CH₃I濃度の吸着効率への影響を測定した。

	吸着効率 (%)		
	1.75×10^{-2} (mg/ml)	1.75×10^{-1} (mg/ml)	1.75 (mg/ml)
AgX	96.6	98.0	99.8
AgZ	86.0	87.5	88.9

AgSについては、湿度により一定した値を示さず。

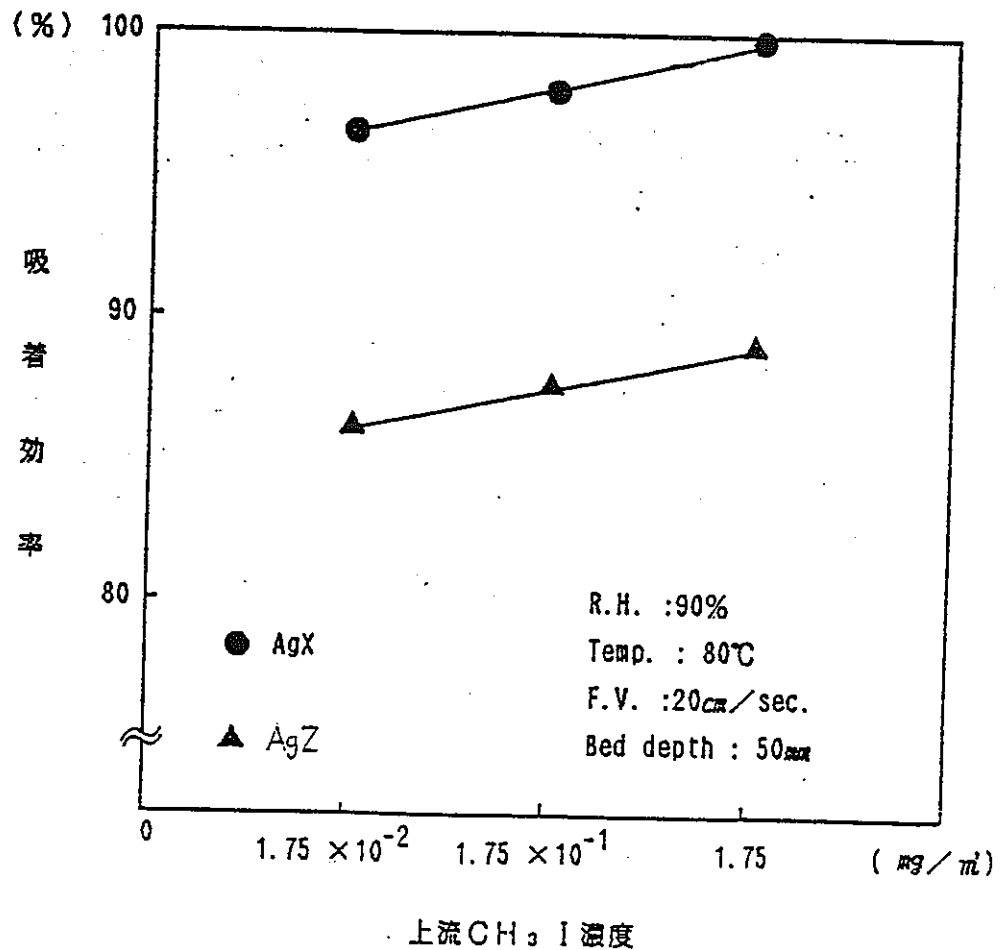


図-20 各種吸着材のヨウ化メチル濃度-吸着効率の比較

(弊社試験データによる)

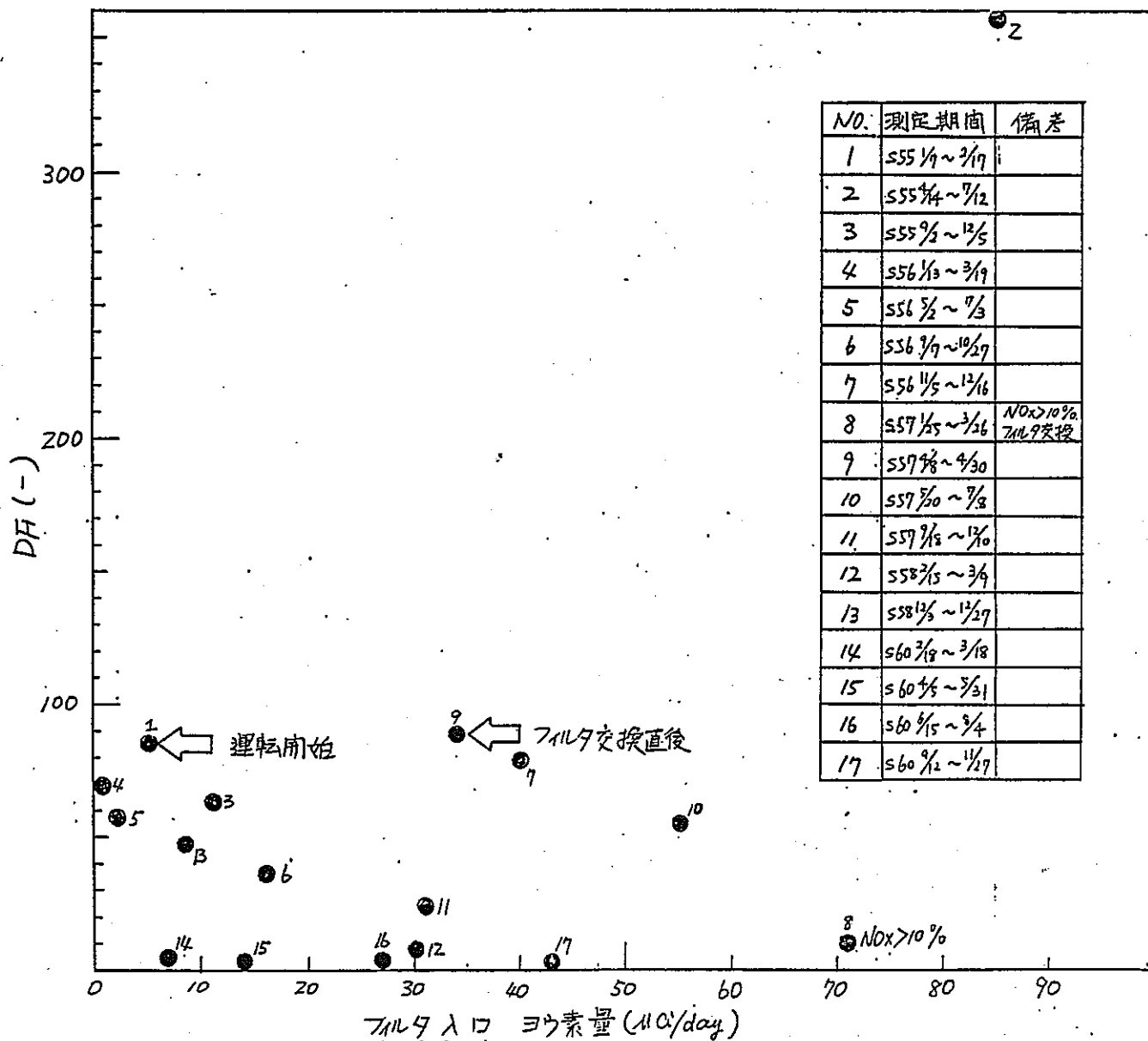


図-21 既設ヨウ素除去装置のDF

(表-3のデータをプロットしたもの)

4. 効率化プロセスの検討

4.1 検討条件

① 処理ガス

- a. 風量 350m³/h(25℃)
- b. 温度(受入れ) 30~40℃
- c. 湿度(") 60%
- d. NOx 50ppm
- e. ¹²⁹I 濃度 平均 4×10^{-9} μCi/cc
- f. ヨウ素の化学形態 乾式法に対しては、全量CH₃Iとする。湿式法に対してはWAKの実測値をもとにI₂ 75%、CH₃I 25%とする。

② DF ≥ 100

③ 吸着剤交換頻度 1回/4年

④ 稼働日数 300日/年

⑤ 線速度 20cm/s以下

⑥ 排風機(307K155/156) 入口温度 Max 40℃

⑦ 吸着剤 AgX (表-1に示す仕様のもの)

飽和吸着量 55mg CH₃I/g AgX (80℃での実測値) *

⑧ 冷却水温度 入側30℃ 出側35℃ (冷却水供給装置を新設)

⑨ 冷水温度 入側8℃ 出側12℃

⑩ 図-5に示す既設のフィルタケーシングと同形のケーシングを使用する。

4.2 検討対象プロセス

① 乾式法単独の場合

表-1と同一仕様のAgXを仕様する場合について検討する。

② 乾式法と湿式法を組み合わせる場合

既設のヨウ素吸着装置の前段にアルカリ洗浄塔を設置する場合について検討する。

* 弊社測定値

(測定条件)

キャリアーガス ; 空気(Dry)	ベッド厚さ ; 50mm
吸着温度 ; 80℃	線速度 ; 20cm/sec
CH ₃ I 濃度 ; 700mg/m ³	使用AgX 粒径 ; 12~20mesh

4.3 乾式法単独の場合の検討

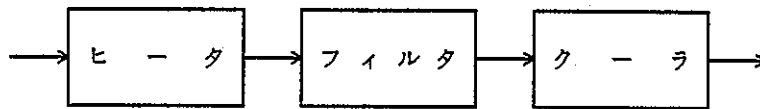
3.4.2項において述べたように、既設装置と同じAgXを用いた吸着除去法の効率を上げるためには、システムとしては次の二つの面から検討を行うのが有効である。

- ① 吸着温度を上げる。
- ② 処理ガス中の湿度を下げる。

本装置の場合、①については、既設ヒータの容量を上げる方法が、既設の他設備への影響が少なく最も効果的であると考えられる。また、②については、一般に工業的に用いられている①冷却による除湿法、②吸着による除湿法が考えられる。(下図参照)

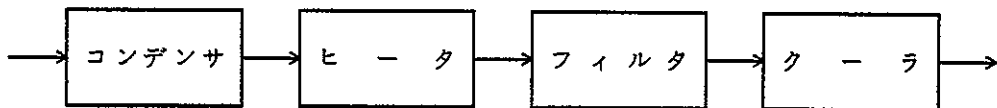
以下では、これらの各方法について検討を行うものとする。

A. 吸着温度を上げる方法

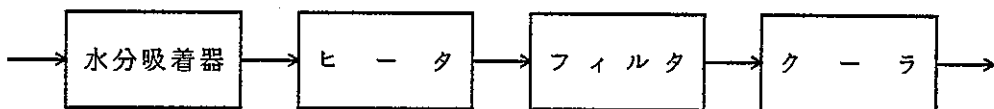


B. 前段で除湿する方法

B-1 コンデンサを設置する方法



B-2 水分吸着器を設置する方法



4.3.1 吸着温度を上げる方法の検討

図-22および23にプロセスフロー及び物質収支を示す。

(1) AgX フィルタ

(i) 吸着温度

既設ヒータの昇温能力はMax 80度であるが、現状では45~55℃で運転されている。また、再処理工場内の他施設においては、Nor 70~80℃、Max 150℃程度で運転されている例が多い。

一般に、吸着温度は次の互いに矛盾する二条件を踏で、最も合理的と考えられる範囲に設定すべきであるが、ここでは、効率の向上に重点をおく立場から吸着温度をNor 80℃、Max 150℃として検討を行うものとする。

- ・ 吸着効率を高めるためには温度の高い方がよい。
- ・ 後段への影響の点からは温度は低い方がよい。

また、80℃以上に昇温した場合、被処理ガス中の湿度は約10%以下となり、湿度の吸着効率に対する悪作用は無視しうる。

(ii) AgX ベッド

ベッド厚さは所定のDFを得るために必要な動的吸着帯と、所定の期間流入するヨウ素を吸着するに必要な静的吸着帯の厚さの和として求められる。

(a) 動的吸着帯厚さ(Xd)の推定

3.3において示したように、本処理ガス中のヨウ素濃度範囲ではDFと X_d は

$$\log DF = 1.62 \times 10^{-4} \cdot X_d \cdot (T+104)$$

と表わされる。吸着温度を80℃にした場合には、

$$X_d = 34 \log DF$$

となる。

上式を用い、 $DF \geq 100$ を得るための最小ベッド厚さ X_d は

$$X_d = 34 \log 100 = 68 \text{mm}$$

となる。

(b) 静的吸着帯厚さ(Xs)の推定

4年間のヨウ素流入量は

$$2.5 \times 10^{-5} \text{g/m}^3 \times 350 \text{m}^3/\text{d} \times 24 \text{h}/\text{d} \times 300 \text{d}/\text{y} \times 4 \text{y} = 252 \text{g}$$

吸着ベッドの必要断面積Aは

$$A = \frac{350 \times \frac{273+150}{273+25} \times \frac{1}{3600}}{20 \times \frac{1}{100}} = 0.69 \text{m}^2$$

(7) フィルタとして標準規格品を使用する場合

下表*に示す再処理工場で使用されている標準規格品を使用する場合のベッド厚さにつき検討する。

フィルタ台数 n は

$$n = \frac{0.69}{0.67} = 1.03 \rightarrow 2 \text{ 台}$$

既設ケーシングを使用することを考慮して $n = 4$ 台とする。

よって、静的吸着帯厚さ X_s は

$$X_s = \frac{0.252 \text{ kg-CH}_3\text{I}}{0.055 \text{ kg-CH}_3\text{I/kg-Ag} \times 1.01 \times 10^3 \text{ kg-AgX/cm}^2 \times 4 \text{ 台} \times 0.67 \text{ m}^2/\text{台}}$$

$$= 0.0017 \text{ m}$$

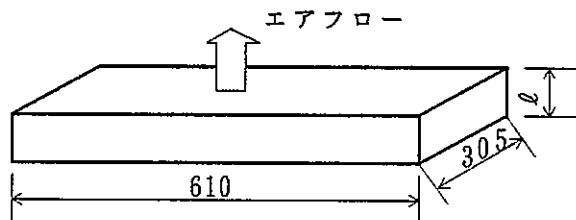
$$\approx 2 \text{ mm}$$

フィルタベッド厚 [mm]		50
吸着表面積 [m ²]		0.67
寸法	縦 [mm]	610
	横 [mm]	305
	高さ [mm]	400

* 既設装置で使用されているフィルタはベッド厚さ25mmで高さ290mmである(図-7参照)。

(4) 平板状フィルタ(下図参照)を用いる場合

フィルタケーシングをコンパクトなものにするため、下図に示すフィルタを考える。(表-9に標準規格品との比較を示す)



注1) 縦横の寸法は規格品と同一とする。

注2) 吸着断面積
 $0.610 \times 0.305 = 0.19 \text{ m}^2$

上図のエレメントを使用する場合、必要エレメント数は

$$0.69 \text{ m}^2 / 0.19 \text{ m}^2 = 3.6$$

従って、エレメント数を4ヶとする。

次に静的吸着帯の厚さ X_s は

$$\begin{aligned} X_s &= \frac{0.252\text{kg-CH}_3\text{I}}{0.055\text{kg-CH}_3\text{I/kg-AgX} \times 1.01 \times 10^3 \text{kg-AgX/ m}^2 \times 0.19\text{m}^2/\text{ヶ} \times 4\text{ヶ}} \\ &= 0.006\text{m} \\ &= 6\text{mm} \end{aligned}$$

(ウ) 既設フィルタを用いる場合

既設のフィルタエレメントは断面積 0.70m^2 、厚さ 25mm で、たて2列、並列に4台である。

従って、静的吸着帯の厚さ X_s は

$$\begin{aligned} X_s &= \frac{0.252\text{kg-CH}_3\text{I}}{0.055\text{kg-CH}_3\text{I/kg-AgX} \times 1.01 \times 10^3 \text{kg-AgX/ m}^2 \times 0.70\text{m}^2/\text{ヶ} \times 4\text{ヶ}} \\ &= 1.6 \times 10^{-3}\text{m} \\ &= 1.6\text{mm} \end{aligned}$$

(c) 全吸着ベッド厚さ (X)

(7) 標準規格品を使用する場合

$$X = (68 + 2) \times 1.5^* = 105\text{mm} \quad * \text{安全率}$$

フィルタ段数は、 $105\text{mm}/50\text{mm} = 2.1$ 段

これよりフィルタ段数は3段(150mm)となり、既設のフィルタケーシングを使用するとすれば全段にAgXフィルタを装填することになる。この時、DF = 666 が期待できる。

(イ) 平板状フィルタを用いる場合

$$X = (68 + 6) \times 1.5 = 111\text{mm}$$

この結果、 $l = 12\text{cm}$ とする。

本平板状フィルタは既設のケーシングの1段のみを利用して装填が可能である。この時、DF = 150 が期待できる。

(ウ) 既設フィルタを用いる場合

$$X = (68 + 1.6) \times 1.5 = 104\text{mm}$$

フィルタ段数は $104/25 = 4.16$ 段

これよりフィルタ段数は5段となり、既設のフィルタケーシングだけでは不足となる。そのため、新たに2段のフィルタケーシングを追加するか、既設のフィルタケーシングの高さを高くする必要があるが、設置場所を考慮すると困難である。

5段とした場合、DF = 253 となる。

(d) 線速度についての検討

既設のケーシングを使用した場合の線速度を求めると、次の様になる。(150℃の場合)

① 標準規格品を使用する場合

$$\frac{350 \times \frac{273+150}{273+25} \times \frac{1}{3600} \times 100}{0.67 \times 4} = 5.2 \text{ cm/s}$$

② 平板状フィルタの場合

$$\frac{350 \times \frac{273+150}{273+25} \times \frac{1}{3600} \times 100}{0.19 \times 4} = 18.2 \text{ cm/s}$$

③ 既設フィルタの場合 (ケーシングの高さは、既設より高くなる)

$$\frac{350 \times \frac{273+150}{273+25} \times \frac{1}{3600} \times 100}{0.70 \times 4} = 4.9 \text{ cm/s}$$

3.3項で述べたように、線速度は20cm/s以下では吸着効率にほとんど影響を及ぼさないと考えられる。従って、これらの計算結果から、いずれのタイプのフィルタエレメントを使用しても、線速度の影響はほとんどないと判断される。

(e) 濃度変動に対する検討

表-3に示されるように、過去のキャンペーンにおけるヨウ素濃度は $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲で変動している。また、3.4項において述べたように、ヨウ素の除去効率は低濃度になる程悪くなる傾向がある。

① 最低濃度に対する検討

今までの最低濃度である $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を受入れた場合においても、前記ベッド厚さで $DF \geq 100$ が得られることを確認しておくものとする。

濃度が $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の場合には3.3項によると

$$\log DF = 1.48 \times 10^{-4} \cdot X_s \cdot (T + 104)$$

80℃で $DF \geq 100$ を得るための必要ベッド厚さは74mmとなりいずれのタイプのフィルタエレメントを用いても問題はない。

② 最高濃度に対する検討

高濃度 $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ のものを4年間受入れたと仮定すると全ヨウ素流入量は

$$5.2 \times 10^{-5} \text{ g}/\text{m}^3 \times 350 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ h}/\text{d} \times 300 \text{ d}/\text{y} \times 4 \text{ y} = 524 \text{ g}$$

平板状フィルタを使用する場合の静的吸着帯の厚さ X_s は

$$X_s = \frac{0.524}{0.055 \times 1.01 \times 10^3 \times 0.19 \times 4} = 0.0124 \text{ m}$$

標準規格品を使用する場合は

$$X_s = \frac{0.524}{0.055 \times 1.01 \times 10^3 \times 0.67 \times 4} = 0.0035 \text{ m}$$

となる。過去の測定結果からこの様な高濃度のものが連続的に流入することはないと考えられ、(c)項では推定したベッド厚さで問題はないと判断される。

(f) フィルタエレメントの選定

既設フィルタケーシングを使用することを前提とした場合、以上の検討から明らかのように、標準規格品、平板状フィルタのいずれも使用可能である。しかし、本設計では、ハンドリング等の面から標準規格品を使用するのが有利であるとの判断のもとに前者を採用するものとする。

(2) ヒータ

350m³/h (25℃) の空気を150℃まで加熱するに必要な電気式ヒータを設置するものとする。

昇温に必要なエネルギー Q は

$$\begin{aligned} Q &= (1.29\text{kg/m}^3) (350\text{m}^3/\text{h} \times \frac{273}{273+25}) (0.24\text{kcal/kg}\cdot\text{C}) (150-25)\text{C} \\ &= 1.24 \times 10^4 \text{kcal/h} \\ &= 14.4\text{kW} \end{aligned}$$

余裕を25%考慮してヒータの電気容量 W を

$$\begin{aligned} W &= 14.4 \times 1.25 \\ &= 18\text{kW} \end{aligned}$$

とする。

電気容量2.6kW/本のヒータを用いるとすれば、使用本数 n は

$$n = 18/2.6 = 7\text{本}$$

となり、全電気容量は

$$2.6\text{kW/本} \times 7\text{本} = 18.2\text{kW}$$

となる。

(3) クーラ

150℃空気を既設排風機吸込側温度40℃に下げするためにクーラを設ける。

(i) 伝熱量 Q (kcal/h)

$$\begin{aligned} Q &= (1.17\text{kg/m}^3) (360\text{m}^3/\text{h}) (0.24\text{kcal/kg}\cdot\text{C}) (150-40)\text{C} \\ &= 1.11 \times 10^4 \text{kcal/h} \end{aligned}$$

余裕を50%みて

$$Q = 1.67 \times 10^4 \text{kcal/h}$$

(ii) 使用冷却推量 W (kg/h)

$$W = \frac{1.67 \times 10^4 \text{kcal/h}}{(1.0\text{kcal/kg}\cdot\text{C}) (35-30)\text{C}} = 3.34 \times 10^3 \text{kg/h}$$

(4) 圧 力 損 失

本装置における圧損は次のように推定される。

ヒ	ー	タ	約	70mmH ₂ O						
フ	ィ	ル	タ	ケ	ー	シ	ン	グ	(AgX用)	105
ク	ー	ラ	400							
配	管	系	50							
フ	ィ	ル	タ	ケ	ー	シ	ン	グ	(307F157/158)	50
(合 計)										675mmH ₂ O

この結果、既設排風機(307K155/156)の能力見直しが必要となる。

(5) 排 風 機

既設排風機(307K155/156)の概略仕様は次のようになる。

送	風	量	350m ³ /h		
負	圧	675mmAq			
回	転	数	4200rpm		
電	動	機	出	力	2.2kW

新 設 範 囲

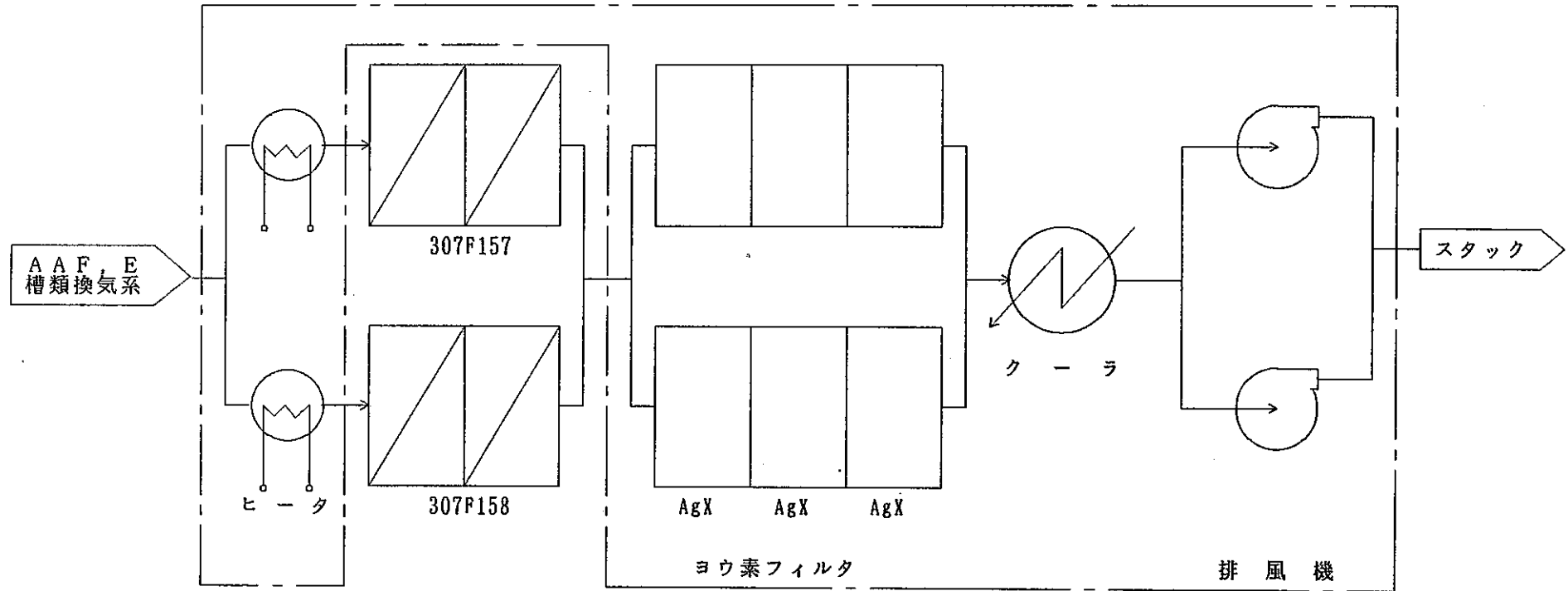
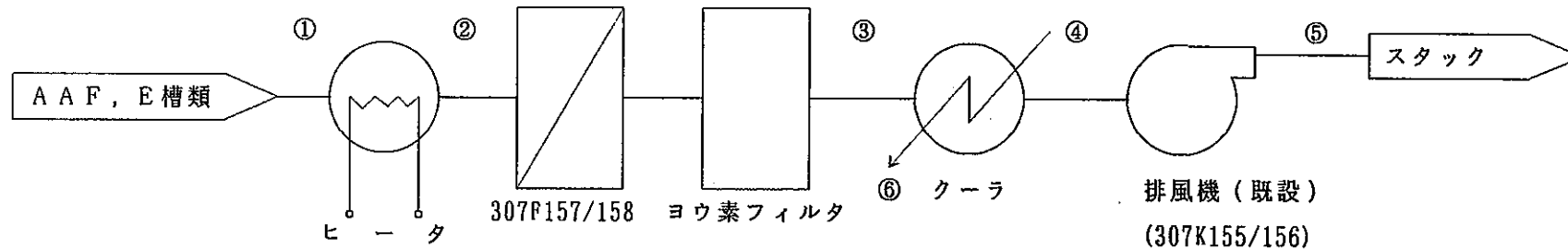


図-22 選定した乾式法プロセスフロー



	①	②	③	④	⑤	⑥
流体名称	処理ガス	処理ガス	処理ガス	処理ガス	処理ガス	冷却水
流量 (m ³ /h)	370	500	→	370	→	3.5
温度 (℃)	30~40	Max. 150 Nor. 80	→	40	→	30→35
圧力 (mmAg)	常圧	-75	-275	-675	常圧	3 kg/cm ² G
ヨウ素濃度 (μg/cc)	2.5×10^{-5}	→	2.5×10^{-7}	→	→	—
NO _x 濃度 (ppm)	50	→	→	→	→	—
R. H. (%)	60	~ 0	→	60	→	—

注) ヨウ素はすべて有機ヨウ素 (CH₃¹²⁹I) であるとした。

図-23 P F D

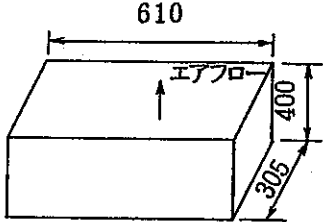
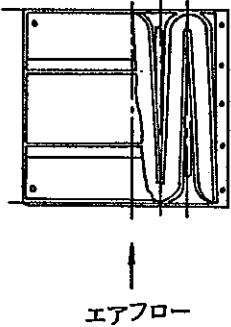
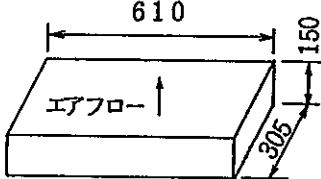
	仕 様	構 造 上 の 特 徴	本装置で使用する場合の得失	特 記 事 項
標準規格品	<p>1) 外形</p>  <p>2) ベッド表面積 0.67m² ベッド厚さ 50mm 重 量 約78Kg 圧 損 35mmAq 定格風量 8 m³/min (以上図-7より)</p>	<p>下図に示す波形構造</p> 	<p>(利 点)</p> <p>① 標準規格品であるので購入、ハンドリング面で有利。</p> <p>(欠 点)</p> <p>① 左記構造でベッド厚さを50→150mm とすることは困難である。</p> <p>② 必要ベッド厚さを確保するため左記構造のものを多段に用いると既設よりも更にケーシングが高くなる。</p>	
平板状フィルタ	<p>1) 外形</p>  <p>2) ベッド表面積 重 量 約40kg 圧 損 約77mmAq 風 量 (線速度20cm/sの場合) 2.3m³/min</p>	<p>左 図 参 照</p>	<p>(利 点)</p> <p>① 既設フィルタケーシングの高さを低くできる。</p> <p>② エlementが小さくなる。</p> <p>(欠 点)</p> <p>① エlement当りの圧損は増える。(しかし、標準規格品も多段に用いることになるので全体としては同じ。)</p> <p>② 特別仕様となる。</p>	

表-9 新型フィルタエレメントと規格品の比較

4.3.2 コンデンサを設置する方法の検討

(1) コンデンサ設置の意義

3.4項に示した文献データ等から、一般的傾向としてRH=50%以上ではAgXのヨウ素除去効率に悪影響のあることが懸念される。この点から、既設装置はRH=40~60%で運転されているため、極力湿度を下げることを望ましいといえる。ここでは、コンデンサを設けるケースとして次の①、②を考え、その設置の意義について検討するものとする。

① 既設装置の前段に設置する場合

RH=60% (40℃) の被処理ガスをコンデンサで10℃ (飽和) まで冷却した後、既設ヒータで45~55℃まで昇温してAgXフィルタに送る場合を想定する。(既設装置の運転条件に相当)

この場合、AgXフィルタではRH=8~13%程度にまで下がり、効率に対する悪影響はなくなると考えられ、この点においてはコンデンサ設置の意義は認められる。

しかし、一方では吸着効率を高めるためには、温度を上げることが有効である。3.4項においても述べたように、既設の場合にもヨウ素の除去効率を高めるためにはヒータの容量を上げることが必要と考えられる。今、4.3.1項で設定したNor 80℃まで温度を上げるとすれば、昇温のみでRH=約10%まで湿度は下がるので、前段にコンデンサをつけて水分を凝縮除去して湿度を下げる意義はなくなる。

② 4.3.1項で示したシステムの前段に設置する場合

①項で述べたように、この場合もコンデンサを設ける意義はない。

以下では既設装置の前段にコンデンサを設置する場合を想定してコンデンサの容量、DF等の検討を行う。

(2) コンデンサの検討

被処理ガスを40℃→10℃に冷却する場合についてコンデンサの概略容量を考える。冷水は既設の他設備より8℃で供給されるものとする。

(i) 伝熱量 Q (kcal/h)

$$Q = (350\text{m}^3/\text{h}) (1.19\text{kg}/\text{m}^3) (0.24\text{kcal}/\text{kg}\cdot\text{℃}) (40-10)\text{℃} \\ = 3000\text{kcal}/\text{h}$$

(ii) 使用冷水量 W (kcal/h)

$$W = \frac{3000\text{kcal}/\text{h}}{(1.0\text{kcal}/\text{kg}\cdot\text{℃}) (12-8)\text{℃}} = 750\text{kg}/\text{h}$$

(iii) 凝縮水量

被処理ガスのコンデンサ入口の条件をRH=60% (40℃) とすると含有水分 H_{40} は

$$H_{40} = 0.620 \times \frac{33.2}{760 - 33.2} = 0.0283\text{kg-H}_2\text{O}/\text{kg-dry air}$$

出口側は10℃で飽和すると、含有水分 H_{10} は

$$H_{10} = 0.620 \times \frac{9.21}{760 - 9.21} = 0.0076\text{kg-H}_2\text{O}/\text{kg-dry air}$$

従って、凝縮水量は

$$(0.0283 - 0.0076) \times 350 \times 1.19 = 8.6 \text{ kg/h}$$

(3) 既設装置の前段に設置する場合のDFの推定

既設装置の場合、線速度が3.5cm/secであり、図-14, 15の傾向から予測されるように湿度が60% (40℃) から8~13%になっても効率はほとんど変化しないと思われる。

一方、ヒータ入口での温度が10℃となるが、ヒータ容量が7kWであるので、25%の余裕を見ても

$$\frac{(7 \text{ kW}) (3600 \text{ s/h}) / 1.25}{(4.19 \text{ J/cal}) (350 \text{ m}^2/\text{h}) (1.19 \text{ kg/m}^3) (0.24 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C})} = 48 (^\circ\text{C})$$

となり、約50℃まで昇温可能である。

以上により既設装置の前段コンデンサを設置しても、既設装置と同程度のDFしか得ることができないことが予想できる。

DF \geq 100を得るためには安全率を1.5とすると48℃の時の必要な動的吸着帯さ $X_d = 80 \text{ mm}$ であるので

$$X = (X_d + X_s) \times 1.5 = (80 + 1.6) \times 1.5 = 122 \text{ mm}$$

より既設のフィルタ (ベッド厚さ25mm) が5段必要となる。この場合、既設のケーシングでは不足となり、高さの高いケーシングとするか、新しいケーシングの追加が必要であるが、場所を考慮すると困難である。

5段とした場合、DF = 109となる。

4.3.3 水分吸着器を設置する方法の検討

(1) 水分吸着器設置の意義

この場合も、コンデンサの場合と同様に考えられる。

(2) 水分吸着器の検討

(i) 水分吸着器への流入ガス条件

$$V = 350 \text{ m}^3/\text{h} (25^\circ\text{C}) = 368 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$\text{RH} = 60\% (40^\circ\text{C})$$

$$\text{水分量} : W_{\text{H}_2\text{O}} = 0.79 \text{ kg/h}$$

(ii) 吸着器

$$\text{径} : D = 80 \text{ cm} \quad (\text{塔内流速} ; u = 20 \text{ cm/sより設定})$$

$$\text{高さ} : Z = 150 \text{ cm}$$

(iii) 吸着剤

モレキュラーシーブ4A型とする。

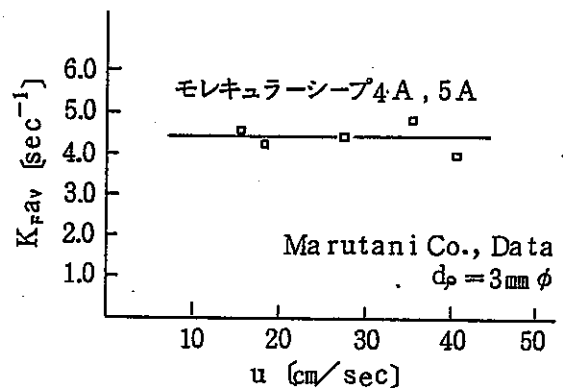
$$\text{充填密度} \quad 700 \text{ g/l}$$

$$\text{充填量} ; W = \frac{\pi}{4} (80)^2 (150) \times \frac{1}{1000} \times 0.7 = 530 \text{ kg}$$

(iv) 物質移動係数 K_{Fav}

右図より $u = 20 \text{ cm/s}$ のとき

$$K_{Fav} = 4.6 \text{ sec}^{-1}$$



流速 u と K_{Fav} の関係¹²⁾

(v) 吸着帯 Z_a

$$Z_a \approx 4 \sqrt{\frac{Z u}{K_{Fav}}} = 4 \sqrt{\frac{(150)(20)}{4.6}} = 102 \text{ cm}$$

(vi) 破過吸着容量 $f(c)$

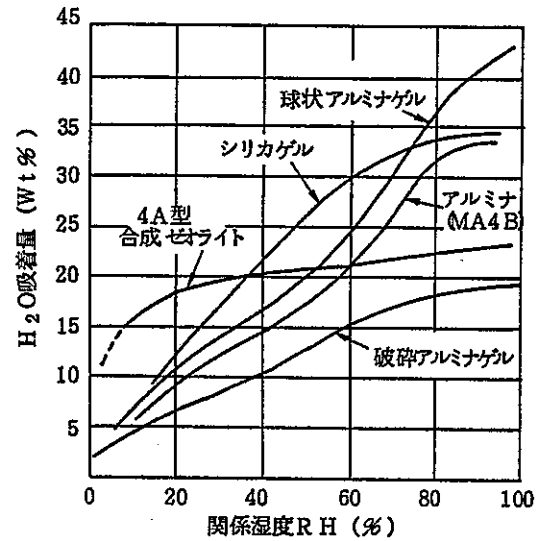
$$f(c) = q_0 \left(1 - \frac{Z_a}{2Z}\right) \quad (q_0: \text{吸着容量})$$

右図より

$$q_0 = 0.2 \text{ kg-H}_2\text{O/kg-adsorbent}$$

従って

$$\begin{aligned} f(c) &= (0.2) \left(1 - \frac{102}{2 \times 150}\right) \\ &= 0.132 \text{ kg-H}_2\text{O/kg-adsorbent} \end{aligned}$$



等温吸着線図¹²⁾

(vii) 破過時間 T_B

$$T_B = \frac{(530)(0.132)}{0.79} = 88.6 \text{ hr}$$

これより吸着塔を2基設けて、約100hr毎に交互使用することになる。

(3) 既設装置の前段に設置する場合のDFの推定

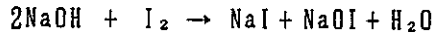
この場合もコンデンサの場合と同様に既設装置と同程度のDFしか期待できない。また、 $DF \geq 100$ にするためには、既設のフィルタが5段必要となり、設置場所を考慮すると難しい。5段とした場合、 $DF = 109$ となる。

4.4 既設の乾式法と湿式法を組合わせた場合の検討

既設のAgXによるヨウ素除去法と湿式法を組合わせた場合について検討を行う。湿式法としてはアルカリスクラバによる除去法を考える。

一般に、アルカリ洗浄法はヨウ素除去法としては最も古い方法であり、Windscale, La Hague, PNC等の再処理工場において使用されている実績がある。

アルカリ洗浄塔としては充填塔あるいは段塔が用いられ、被処理ガス中のヨウ素は吸収液として用いられるNaOH (又はKOH)により、主に次の反応で除去される。



この方法ではヨウ素のほかにCO₂, NO_xも除去されるが、有機ヨウ素はほとんど除去されない。

DFは、一般に10~20程度であるといわれており、この方法は全ヨウ素の一次処理法としては使用できるが、その場合には後段に補助装置が必要であるといわれる。

4.4.1 検討の前提条件

- (1) アルカリスクラバは、既設装置の前段に配置するものとする。
- (2) 被処理ガス中には、無機ヨウ素75%、有機ヨウ素25%がふくまれているものとする。(WAK再処理工場の測定結果に基づく。P23の表を参照)
- (3) アルカリ洗浄により被処理ガスの無機ヨウ素は1/10まで除去されるものとする。

4.4.2 プロセスフロー

図-24にアルカリスクラバと既設装置を組合わせた場合のプロセスフローを示す。

4.4.3 前段のアルカリスクラバに関する検討

(1) 被処理ガス条件

3.2.1項に示す条件とするが、ヨウ素については下記の数値を使用する。

(図-25参照)

$$\begin{aligned} \text{全流入ヨウ素量 } ^{129}\text{I} &: 4 \times 10^{-9} \mu\text{Ci/cc} \\ &= 2.5 \times 10^{-5} \mu\text{g/cc} \end{aligned}$$

$$\text{有機ヨウ素 (CH}_3\text{I)} \quad 6 \times 10^{-6} \mu\text{g/cc}$$

$$\text{無機ヨウ素 (I}_2\text{)} \quad 1.9 \times 10^{-5} \mu\text{g/cc}$$

(2) アルカリ洗浄塔の運転条件

温度; 25℃

圧力; 常圧

吸収液; 1N NaOH

(3) 洗浄塔の形式

通常吸収塔としては充填塔あるいは段塔が用いられる。ここでは、沈澱物による塔内の閉塞等の問題を避けるため段塔を選ぶものとする。

(4) NaOH溶液の供給量

(i) CO₂の吸収によるNaOHの消費量

空気中には約0.03%のCO₂が含まれており、NaOH溶液はこのCO₂の吸収のために消費される。



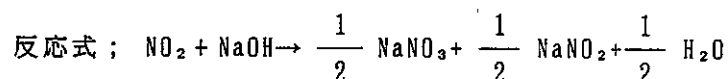
今、CO₂の全量が上記反応により消費されるとすれば、NaOHの全消費量は

$$350 \times \frac{273}{273+25} \times \frac{1}{22.4} \times \frac{0.03}{100} \times 2 = 8.6 \times 10^{-3} \text{ kg-mol/h}$$

(ii) NO_xの吸収によるNaOHの消費量

被処理ガス中にはNO_xが最大50ppm含まれており、NaOHはこのNO_xの吸収によっても消費される。

ここでは、NO_xを全量NO₂であるとし、NO₂の除去効率を20%¹³⁾とする。

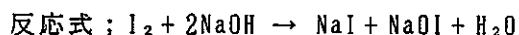


NaOHのNO₂による全消費量は

$$350 \times \frac{273}{273+25} \times \frac{1}{22.4} \times 50 \times 10^{-6} \times 0.2 = 1.5 \times 10^{-4} \text{ kg-mol/h}$$

なお、被処理ガス中の残存NO₂は40ppmとなり、後段のAgXフィルタに供給される。

(iii) I₂の吸収によるNaOHの消費



洗浄塔のI₂に対するDFを10とすると、前記反応式に従って消費されるNaOH量は

$$\frac{1.9 \times 10^{-5} \times 350}{127 \times 2} \times 10^{-3} \times 0.9 \times 2 = 4.7 \times 10^{-8} \text{ kg-mol/h}$$

(iv) CO₂、NO_xおよびI₂によるNaOHの全消費量

(i) ~ (iii)の結果よりNaOHの全消費量は約 $9 \times 10^{-3} \text{ kg-mol/h}$ (= 0.36kg/h)と推定される。

この量を1N NaOH溶液量に換算すると約9ℓ/hとなる。

(v) NaOH溶液の供給量

(i) ~ (iv)において示したように、化学量論的には約9ℓ/h程度の供給量で十分である。

(5) アルカリ洗浄塔の計算

一般に吸収液を循環使用する方法と循環しない場合が考えられるが、前者の場合には当然吸収の推進力が小となり後者に比べて塔高が高くなる。本設計の場合には、建家の高さに制限があり、むやみに高くできないため循環なしの方式で検討するものとする。

(i) 最小液流量

右図をもとに、ヨウ素の物質収支式をたてると

$$R(x_2 - x_1) = V(y_2 - y_1)$$

となる。

ここで、ガス流量は固定であり、この場合の最小液流量は、液の出口側濃度 (x_2) がガス入口側濃度 (y_2) に平衡にあるとして求めることができる。

一方、気液平衡関係は 1N NaOH の場合、AERE-R4887⁹⁾ に基づき次のように推定する。

$$y = 2x$$

今、 y_2 に平衡な x を x^* とし、最小液流量を R_{min} とすると、次式が得られる。

$$R_{min} = V \frac{y_2 - y_1}{x_2^* - x_1}$$

ここで、

$$y_2 = 3.67 \times 10^{-9}$$

$$y_1 = 3.67 \times 10^{-10}$$

$$x_1 = 0$$

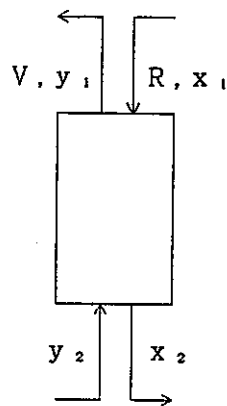
$$V = 350 \times \frac{273}{273+25} \times \frac{1}{22.4} = 14.3 \text{ kg-mol/h}$$

であり、これらの各数値を上式に代入すると、

$$R_{min} = 14.3 \times \frac{3.67 \times 10^{-9} - 3.67 \times 10^{-10}}{\frac{3.67 \times 10^{-9}}{2} - 0} = 25.6 \text{ kg-mol/h}$$

となる。これより設計液流量を 30 kg-mol/h とする。

この量は前述した NaOH の消費量から求めた必要液量よりも十分に大きく問題ない。



V ; ガス流量 (kg-mol/h)

R ; 液流量 (kg-mol/h)

y ; ガス中のヨウ素モル分率

x ; 液中のヨウ素モル分率

(ii) 液ガス比

(i) の結果より

$$\frac{R}{V} / \left(\frac{R}{V} \right)_{\min} \approx 1.2$$

であり、通常の吸収塔で使用されている範囲にある。

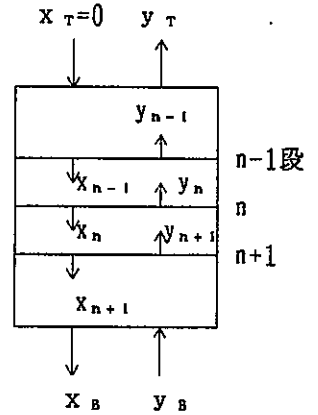
(iii) 段数および塔高

n 段より上方について物質収支をとると

$$G_M \left(\frac{y_n}{1-y_n} - \frac{y_T}{1-y_T} \right) = L_M \left(\frac{X_{n-1}}{1-X_{n-1}} - \frac{X_T}{1-X_T} \right)$$

今の場合、気液の濃度は非常にうすいので、
上式は次式となる。

$$y_n = y_T + \frac{L_M}{G_M} (X_{n-1} - X_T) \dots\dots\dots \text{操作線}$$



更に、本装置の場合、平衡線も直線で近似できるので、理論段数 (n_p は Colburn の式により解析的に求めることができる¹⁰⁾。

$$n_p = \frac{\ln \left[\left(1 - \frac{mG_M}{L_M} \right) \left(\frac{y_B - mX_T}{y_T - mX_T} \right) + \frac{mG_M}{L_M} \right]}{\ln \frac{L_M}{mG_M}}$$

$$= \frac{\ln \left[\left(1 - \frac{2}{3.9} \right) \left(\frac{3.67 \times 10^{-9}}{3.67 \times 10^{-10}} \right) + \frac{2}{3.9} \right]}{\ln \frac{3.9}{2}} = 2.5 \text{ 段}$$

これより理論段数は3段となる。

設計上は効率を考慮し4段とする。

また、段間隔は通常使用されている値を参考¹⁰⁾として0.5m/段とする。

従って、塔高は0.5m/段 × 4段 = 2mとなる。

設置場所を考慮すると塔高2mより大きい機器を用いてDFを上げることは難しい。

(iv) 塔 径

許容しうる最大蒸気速度は段間隔および気液の密度の関数である。

$$\rho_v = 1.19 \text{ g/l} = 1.19 \times 10 \text{ g/cc}$$

$$\rho_L = 1.0 \text{ g/cc}$$

$$\left(\frac{\rho_v}{\rho_L - \rho_v} \right)^{1/2} = \left(\frac{1.2 \times 10^{-3}}{1.0 - 1.2 \times 10^{-3}} \right)^{1/2} = 0.035$$

下図より、 $u_c \left(\frac{\rho_v}{\rho_L - \rho_v} \right)^{1/2} = 5.2$

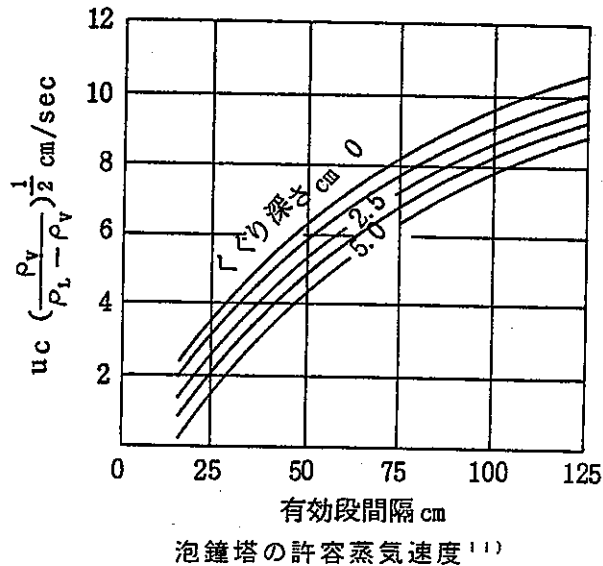
$$u_c = 149 \text{ cm/sec}$$

上昇ガス量は $350 \text{ m}^3/\text{h} = 0.10 \text{ m}^3/\text{sec}$ であるので、所要の塔断面積は

$$0.10 / 0.149 = 0.67 \text{ m}^2$$

従って、塔径 D は

$$D = 0.92 \text{ m} \rightarrow 1 \text{ m とする。}$$



(6) 凝 縮 水 量

アルカリ洗浄塔頂部より出るガスは25℃で飽和しているとする。これを8℃の冷水で10℃まで冷却するとした場合の凝縮水量を求める。

25℃、RH = 100%のガスの絶対湿度 H_{25} は

$$H_{25} = 0.620 \times \frac{23.756}{760 - 23.756} = 0.0200 \text{ kg-H}_2\text{O/kg-dry air}$$

これを10℃まで冷却した場合の湿度 H_{10} は

$$H_{10} = 0.620 \times \frac{9.209}{760 - 9.209} = 0.0060 \text{ kg-H}_2\text{O/kg-dry air}$$

凝縮水量は

$$(0.0200 - 0.0060) \times 350 \times \frac{273}{273 + 25} \times \frac{1}{22.4} \times 29 = 5.8 \text{ kg/h}$$

(7) 冷水使用量

交換熱量 Q は

$$Q = (350\text{m}^3/\text{h}) (1.29\text{kg}/\text{m}^3) (0.24\text{kcal}/\text{kg}\text{℃}) (25-10)\text{℃} \\ = 1.63 \times 10^3 \text{kcal}/\text{h}$$

冷水量 W は

$$W = \frac{1.63 \times 10^3 (\text{kcal}/\text{h})}{(1\text{kcal}/\text{kg}\text{℃}) (12-8)\text{℃}} = 4.10 \times 10^2 \text{kg}/\text{h}$$

(8) 廃液中のヨウ素濃度

廃液量

$$30\text{kg-mol}/\text{h} = 540\text{kg}/\text{h} (= 0.54\text{m}^3/\text{h})$$

廃液中のヨウ素量

$$(30\text{kg-mol}/\text{h}) (2.36 \times 10^{-9}) = 7.08 \times 10^{-8} \text{kg-mol}/\text{h} \\ = 1.80 \times 10^{-5} \text{kg}/\text{h} \\ = 2.92 \times 10^{-6} \text{Ci}/\text{h}$$

従って、ヨウ素濃度は

$$\frac{2.92 \times 10^{-6} \text{Ci}/\text{h}}{0.54\text{m}^3/\text{h}} = 5.4 \times 10^{-6} \text{Ci}/\text{m}^3$$

4.4.4 後段の既設装置に関する検討

(1) 既設装置への流入ガス条件

4.4.3項における検討から既設のヒータ(307H1518)への流入ガス条件は次のようにまとめられる。

ガス量 350m³/h (25℃基準)
 温度 10℃
 湿度 RH=100% (10℃)
 NOx 40ppm
 CH₂I 6×10⁻⁶μg/cc
 I₂ 1.9×10⁻⁶μg/cc } 7.9×10⁻⁶μg/cc

(2) 既設ヒータ(307H1518)の容量チェック

ヒータの容量は7kWである。(図-3による)

最大昇温巾Δtは

$$\Delta t = \frac{7 \times 860}{(350)(1.29)(0.24)} = 55^\circ\text{C}$$

これよりコンデンサで10℃まで冷却されたガスは、たかだか65℃程度までしか昇温できない。

本ヒータを現状運転と同じく55℃で運転するとすれば相対湿度は約8%程度まで下がる。

(3) 既設AgXフィルタによるヨウ素の除去効率

既設の処理条件と本検討での条件の中で吸着効率に影響を及ぼす可能性のあるものを対比すれば次表のようになる。

	ヨウ素濃度	NOx濃度	処理温度	湿度
既設の処理条件	2.5×10 ⁻⁵ μg/cc	50 ppm	55℃	RH=30%
本検討	0.79×10 ⁻⁵ μg/cc	40 ppm	55℃	RH=8%

上表より本検討ではヨウ素フィルタ入口でのヨウ素濃度が既設の約1/3に低下し、それに応じて効率も悪くなることが懸念される。

3.3項によると、0.79×10⁻⁵μg/ccの場合には

$$\log DF = 1.51 \times 10^{-4} \cdot X_d \cdot (T+104)$$

となる。よって、X_d=50mm、T=50℃では DF_(AgX)=15となる。

アルカリ洗浄塔でのDFは

$$DF_{\text{(アルカリ)}} = \frac{2.5 \times 10^{-5}}{0.79 \times 10^{-5}} = 3.16$$

である。

以上により、全体ではDF = 47にしかない。

設置場所を考えると、塔高を2m以上にすることは難しく、DFを100以上にするためには、ヒータ、フィルタも交換する必要がある。

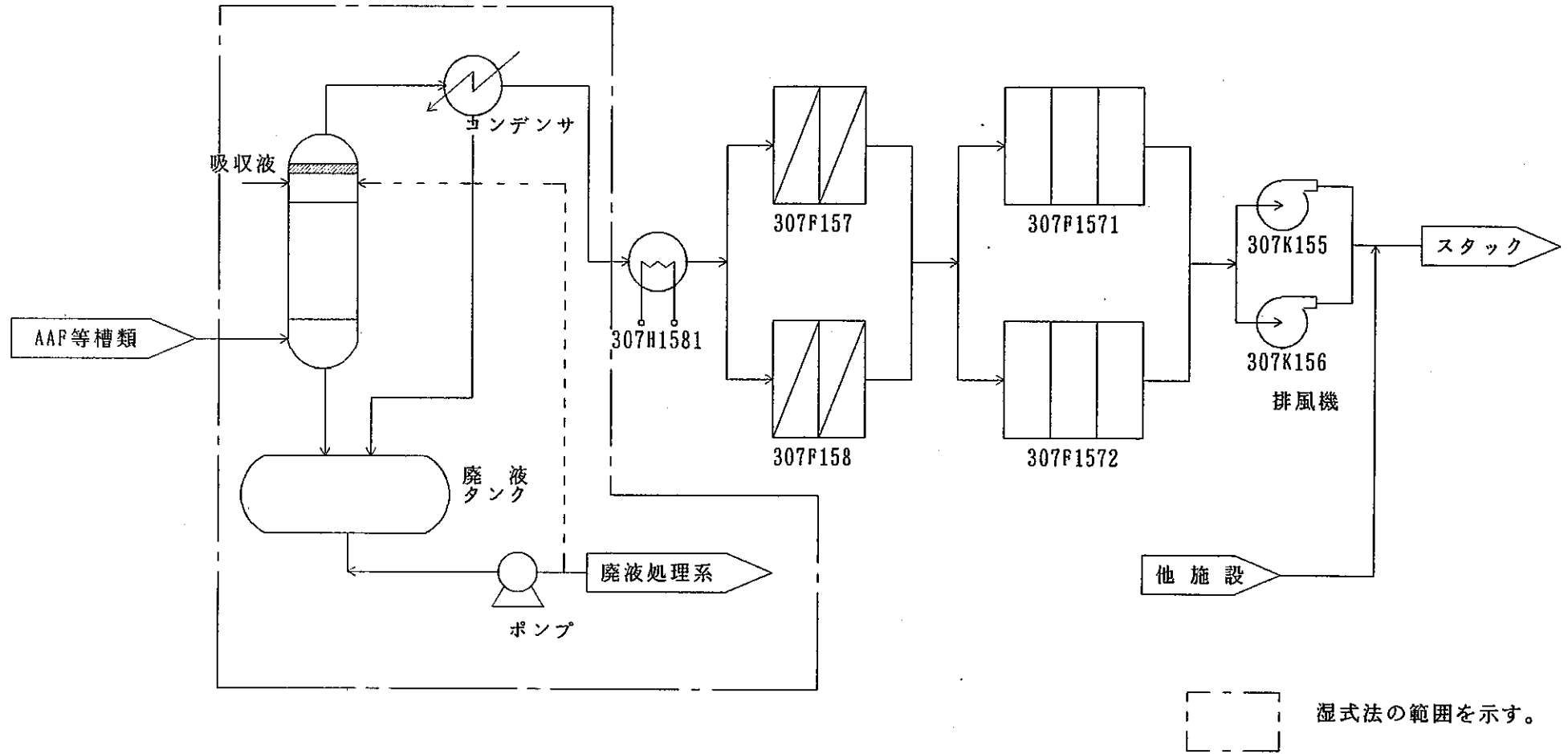


図-24 湿式法と既設乾式法を組合せた場合のフロー

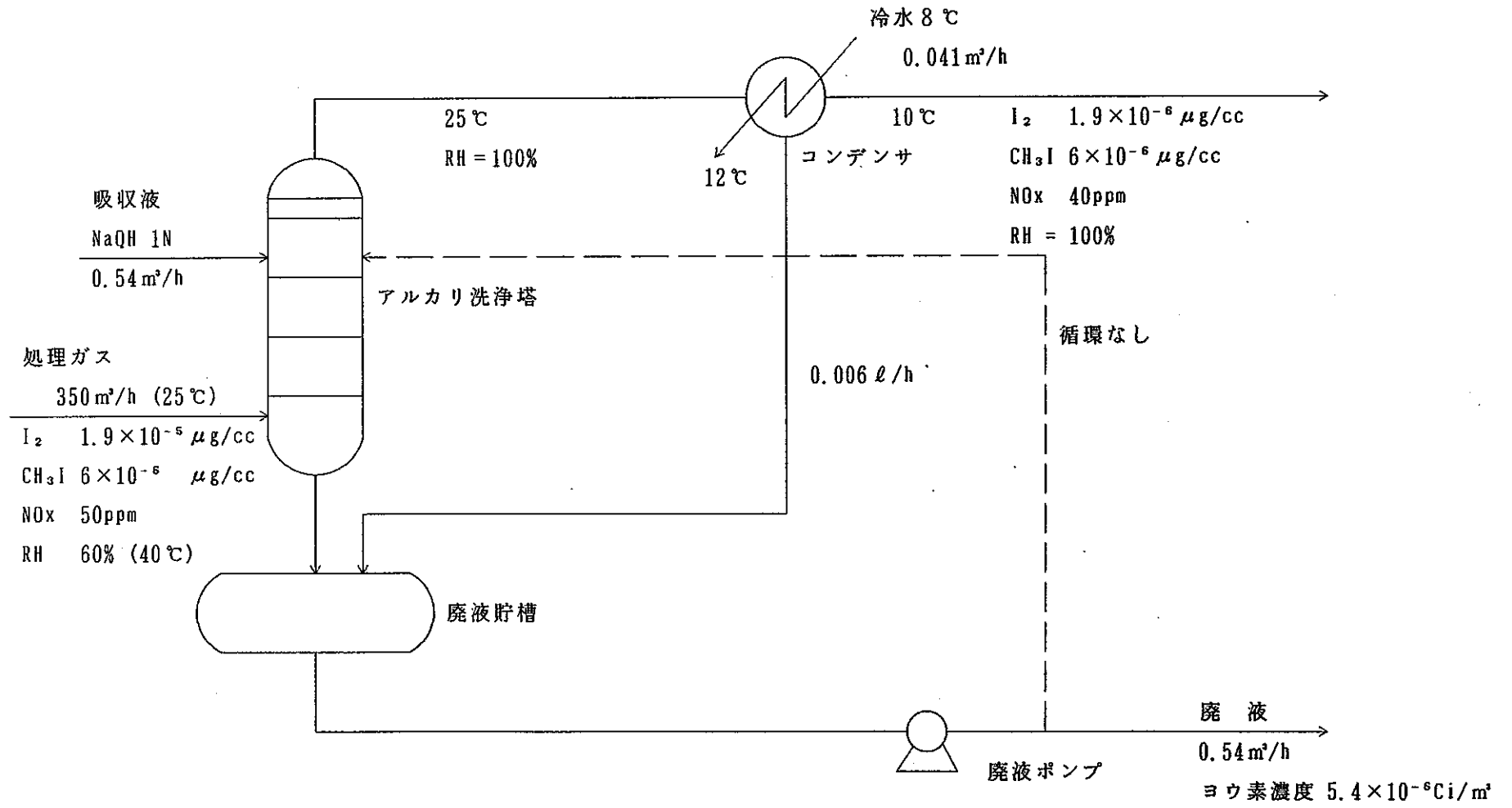


図-25 アルカリ洗浄塔廻りの物質収支

4.5 効率化プロセスの選定

4.1～4.4項において検討した結果を表-10にまとめた。これらの結果から4.3.1で検討した「吸着温度を上げる方法」が既設装置の効率化の改良には最も適すると判断される。

またフィルタエレメントについては、平板状エレメントがコンパクトでスペースの有効利用を図れるが、標準規格品(L610×W305×H400;ベッド50mm)でも既設のケーシングに3段すべて装填すれば、十分に効率化を図れるので、コストやハンドリングの便宜を考慮して標準品を選定するものとする。

標準品を既設のケーシングに3段装填した場合には、計算上は既設プロセスでもDF \geq 100となる。

しかし、既設のプロセスの場合には、吸着温度を80℃以上に上げることができず、実際に4年間DFを100以上に維持するのは余裕が少なく難しいと考えられる。一方、図-22に示すプロセスの場合には、温度を150℃まで上げることも可能であり、4年間DFを100以上に維持できる。

表-10 効率化プロセスの比較検討 (1/3)

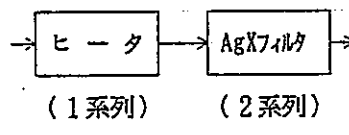
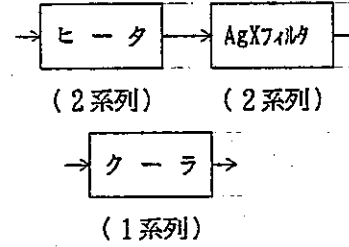
検討対象プロセス	主要機器の概略仕様	ユーティリティ使用量	他の工程設備への影響	配置計画上の留意事項	発生廃棄物量	工事の難易度	保守性	評価	備考
<p>1. 既設プロセス</p> 	<p>1) 熱ヒータ (307H1581) 定格: 3φ 420V 7kW エレメント; φ14×^L1130 (420V, 1.167kW×6本) ケーシング; ^L400×^W560 ×^H560 1台</p> <p>2) フィルタケーシング ^L1700×^W860 ×^H2500 2台</p> <p>3) AgXフィルタエレメント ^L610×^W305 ×^H290 4ヶ/段×2段=8ヶ ベッド厚さ25mm×2段</p>	電気: 7kW							
<p>2. 吸着温度を上げる方法*</p>  <p>(特徴) ①効率を上げるため、既設に比べヒータの容量を上げる。 (Nor. 80℃, Max. 150℃) ②後段排風機の入口温度 (Max 40℃) までガス温度を下げるためクーラを追加設置する。 ③AgXフィルタエレメントとして標準品と平板状フィルタ**既設の3種類を考慮した。 ④クーラ設置より圧損が増える。</p>	<p>1) ヒータ 17.6kW×2台 φ250×^L3000</p> <p>2) クーラ 1台 φ300×^L2600</p> <p>3) AgXフィルタエレメント ①標準品 (^L610×^W305 ×^H400; ベッド50mm) 4ヶ/段×3段=12ヶ 圧損 75mmH₂O (DF=666) ②平板状フィルタ ^L610×^W305×^H120 4ヶ/段×1段=4ヶ 圧損 60mmH₂O (DF=150) ③既設フィルタ ^L610×^W305×^H290 4ヶ/段×5段=20ヶ 圧損 125mmH₂O (DF=253) 4) フィルタケーシング ①標準エレメント使用の場合 既設ケーシング3段すべてに装着 ②平板状エレメント使用の場合 ^L1700×^W860 ×^H約1500 ③既設フィルタ使用の場合 ^L1700×^W860 ×^H約3600</p>	<p>電気: 17.6kW 冷却水 (30℃→35℃) 約3.5m³/h</p>	<p>①既設排風機 (307K 155/156) の能力を上げる必要がある。 全圧損約675mmH₂O 回転数 4200rpm 出力 2.2kW (既設排風機 静圧186mmH₂O) ②冷却水の供給を受ける必要がある。</p>	<p>①AgXフィルタとして標準品使用の場合 既設ケーシングにエレメント3段を装着すればフィルタは入らない。 ケーシングを1段分高くすることは別と干渉するたに困難 →図11参照 ②平板状フィルタを使用する場合 ケーシング高さを低くできるので、ケーシング上部に余裕ができる。 ③既設フィルタを使用する場合 ケーシングの高さを5段にする必要があるので設置は困難。</p>	<p>使用済AgXフィルタ ①標準品の場合 12ヶ/4年 ②平板状フィルタの場合 4ヶ/4年 ③既設フィルタの場合 20ヶ/4年</p>	<p>排風機の交換工事が追加されるため工事箇所がA102とA202になるが特に大きな問題はない。</p>	<p>保守の点では問題はない。</p>	<p>既設に比べ ・クーラの追加 ・排風機の交換 ・冷却水が必要 といった変更が必要となる。しかし、効率を上げるためには避けられない。またこのプロセスは再処理工場において実績が多い。 →本プロセスを選ぶ。</p> <p>また、フィルタエレメントとしては、標準品で既設ケーシングに3段装着すれば十分に効率化を図れることから、標準品のエレメントを選定した。</p>	<p>* 既設プロセスのヒータ容量を上げる。</p> <p>**既設ケーシングの使用も可。</p>

表-10 効率化プロセスの比較検討 (2/3)

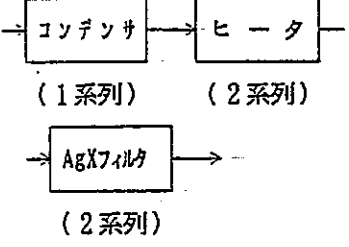
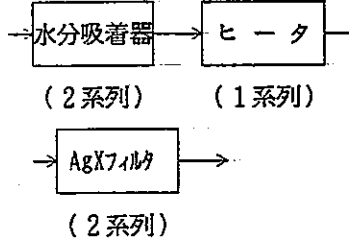
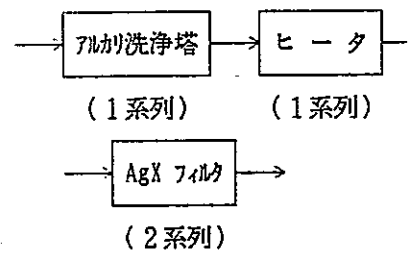
検討対象プロセス	主要機器の概略仕様	ユーティリティ使用量	他の工程設備への影響	配置計画上の留意事項	発生廃棄物量	工事の難易度	保守性	評価	備考
<p>3. 前段で除湿する方法</p> <p>3-1 既設の前段にコンデンサを設置する方法</p>  <p>(特徴)</p> <p>①被処理ガスをコンデンサで10℃まで冷却し、含有水分を凝縮除去する。</p> <p>②ヒータ以降は1.と同じ。</p>	<p>1)コンデンサ 1台 交換熱量 3000 kcal/h</p> <p>2)ヒータ 1.に同じ</p> <p>3)AgXフィルタエレメント DF100以上とするためには既設のフィルタエレメントが5段必要 (DF=109)</p> <p>4)フィルタケーシング φ1700×H860 ×H3600 2台が必要</p>	<p>冷水 (8℃→12℃) 750kg/h 電気 7kW</p>	<p>①コンデンサ追加により、1.に比べ圧損が増えるため、排風機の能力を上げる必要がある。</p> <p>②冷水の供給を受ける必要がある。</p>	<p>コンデンサは図-26のクーラの位置に設置可能であるが、高さの高いフィルタケーシングの設置は困難。</p>	<p>①使用済AgXフィルタ 20ヶ/4年</p> <p>②凝縮水 8.6kg/h</p>	<p>フィルタケーシングの設置が困難である。また、排風機の交換も必要である。</p>	<p>2.に同じ</p>	<p>設置のケーシングが使用できず、大きなケーシングが必要となり、設置が困難であることから、採用は難しい。</p>	
<p>3-2 既設の前段に水分吸着器を設置する方法</p>  <p>(特徴)</p> <p>①被処理ガス中の水分を水分吸着器 (モレキュラーシーブを使用) で除去する。</p> <p>②水分吸着器は2系列設け、交互使用する。</p> <p>③ヒータ以降は1.に同じ。</p>	<p>1)水分吸着器 2台 φ800×H1500 吸着剤:モレキュラーシーブ 530kg</p> <p>2)ヒータ 1.に同じ</p> <p>3)AgX フィルタは 3-1に同じ。</p>	<p>電気 7kW</p>	<p>①水分吸着器の追加により、1.に比べ圧損が増えるため、排風機の能力を上げる必要がある。</p>	<p>水分吸着器は図-26のクーラの位置に設置可能であるが、高さの高いフィルタケーシングの設置は困難。</p>	<p>①使用済AgXフィルタ 20ヶ/4年</p>	<p>フィルタケーシングの設置が困難である。また、排風機の交換も必要である。</p>	<p>2.に同じ</p>	<p>既設のケーシングが使用できず、大きなケーシングが必要となり、設置が困難であることから、採用は難しい。</p>	

表-10 効率化プロセスの比較検討 (3/3)

検討対象プロセス	主要機器の概略仕様	ユーティリティ使用量	他の工程設備への影響	配置計画上の留意事項	発生廃棄物量	工事の難易度	保守性	評価	備考
<p>4. アルカリ洗浄法 と既設 ヨウ素吸着装置 を組合せた場合</p>  <p>(1系列) (1系列) (2系列)</p> <p>(特徴) ①被処理ガスを1N NaOH溶液で前処理し、ヨウ素を除去する。 (I₂に対してDF=10とする) ②被処理ガス中のヨウ素の形態は下記とする。 I₂ 75% CH₃I 25% ③アルカリ洗浄塔で前処理済の液は、既設のヨウ素吸着装置で処理するものとする。 ④全体としてはDF=48にしなければならない。</p>	<p>1)アルカリ洗浄塔 φ1000×2000 段数4 2)ヒータ, AgXフィルタは既設に同じ。 3)他にコンデンサ、廃水タンク、ポンプが必要。</p>	<p>1N NaOH溶液 0.54ℓ/h 冷水0.41m³/h</p>	<p>①既設排風機的能力を上げる必要がある。 ②冷水の供給を受ける必要がある。 ③洗浄液供給及び廃液処理方法について検討が必要となる。</p>	<p>A102内には配置スペースがない。</p>	<p>①廃液 0.54ℓ/h 5.4×10⁻⁶Ci/m³ ②使用済フィルタ 既設に同じ。</p>	<p>乾式法単独の場合に比べて ・アルカリ洗浄塔、廃水タンク等の機器の追加 ・洗浄液の供給設備 また廃液処理設備の追加設置あるいは既設のこれらの設備との取合等が必要となり、工事の難易度は高くなる。</p>	<p>後段の既設「ヨウ素吸着装置」については既設と同等の保守性を保つことができる。 前段のアルカリ洗浄塔、コンデンサ等の保守は、A102内に設置スペースがないために困難である。</p>	<p>乾式法単独に比べてメリットが多すぎる。 また、既設の前段に取り付けてもDF≥100を期待できない。 よって、本装置での採用は難しい。</p>	

5. ま と め

系統307の既設ヨウ素除去装置の効率化プロセスについて検討した。プロセスとしてはAgXフィルタを使用した乾式法で既設より吸着温度を上げる方法を選定した。また、それに基づいて各機器の概略仕様について検討した結果、ヒータ、AgXフィルタエレメント及びブロワの交換とクーラの設置が必要であることがわかった。

III. ヨウ素除去装置の設計

1. プロセス設計

1.1 設計条件

設計条件を表-1に示す。

表-1 設計条件

処理ガス流量	(m^3/h)	350 (25℃)
ヒータ入口温度	(℃)	40
吸着温度	(℃)	Nor 80 Max 150
クーラ出口温度	(℃)	40
^{129}I 濃度	(g/m^3)	2.5×10^{-5}
Nox 濃度	(ppm)	50
湿度	(%)	60 (40℃)
ヨウ素発生日数	(d/y)	300
吸着剤交換回数		1回/4年
ヨウ素除去効率 DF		≥ 100
空塔線速度	(cm/s)	20
使用吸着剤		AgX
吸着剤密度	(g/cm^3)	1.01
飽和吸着量	($\text{g-CH}_3\text{I}/\text{g-AgX}$)	0.055*
冷却水入口温度	(℃)	30
冷却水出口温度	(℃)	35

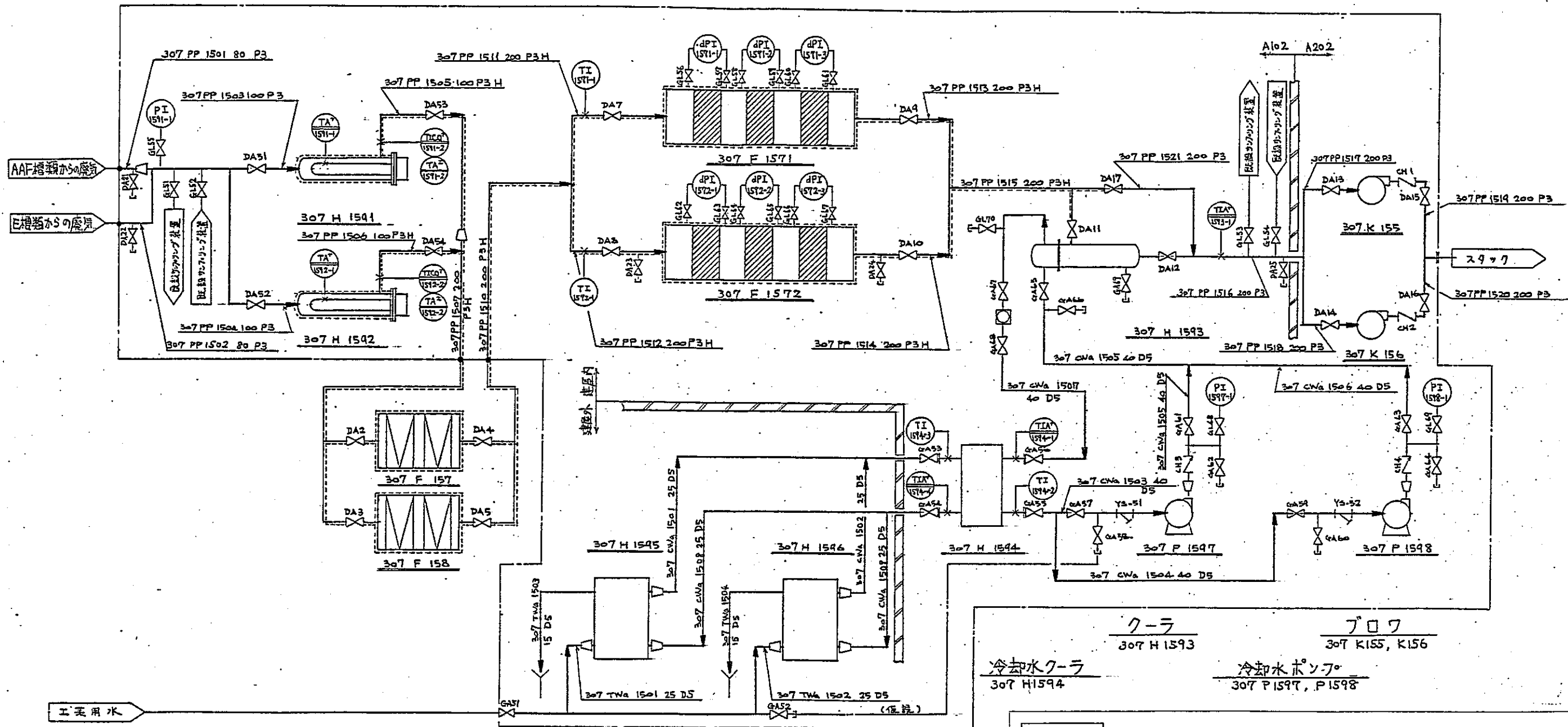
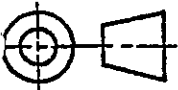
* 弊社測定データによる

(測定条件) キャリアーガス：空気 (dry) ベッド厚さ：50mm
 吸着湿度：80℃ 線速度：20cm/s
 CH_3I 濃度：700mg/ m^3 使用 AgX 粒径：12~20mesh

1.2 フローシート

本プロセスにおけるフローシートを図-1に示す。

3RD ANGLE
PROJECTION



FG-D10-004EA(1)-8601

配布先	部数
P 調達	
P 検査	
土 建	
計 画	

ク-ラ
307 H1591, H1592

ダストフィルタ
307 F157, F158

ヨウ素除去フィルタ
307 F1571, F1572

冷却水ユニット
307 H1595, H1596

ク-ラ
307 H 1593

冷却水ク-ラ
307 H1594

プロフ
307 K155, K156

冷却水ポンプ
307 P1597, P1598

KOBELCO **KOBE STEEL, LTD.**
ENGINEERING DIVISION

THE DRAWING(S) AND THE INFORMATION CONTAINED HEREIN ARE THE PROPERTY OF KOBE STEEL, LTD. THEY SHALL NOT BE DISCLOSED, REPRODUCED OR USED IN ANY MANNER WITHOUT THE PRIOR WRITTEN CONSENT OF KOBE STEEL, LTD.

TITLE

図-1 フローシート			
ISSUED BY エンジニアリング事業部 原子力部			
O. NO. 86-61004-0			
T. NO. 3-			
JOB NO.	AREA	DRAWING NO.	REV.
P90332	7E5D	-	

REV. NO.	REVISION NOTE	ENGINEERING DEPARTMENT			
		DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVIEWED
19					
19					
19					
19					
9.9 1986	河合 9/9 福田 9/9 金沢				

1.3 プロセス計算

1.3.1 ヨウ素除去フィルタ

吸着剤の厚さは、所定の除去効率 (DF) を得るために必要な動的吸着帯と、所定の期間流入するヨウ素を吸着する静的吸着帯の2つの部分の和として表わされる。

以下に各吸着帯の厚さを求める。

(1) 動的吸着帯厚さ (Xd) の算出

処理ガス中の¹²⁹I濃度は、 $2.5 \times 10^{-5} \text{g/m}^3$ ($4 \times 10^{-9} \mu\text{Ci/cc}$) であるので、弊社の実験のデータ $1.75 \times 10^{-2} \text{mg/m}^3$ とほぼ同一濃度であることから $X_d = 34 \log DF$ と表される

これより $DF \geq 100$ を得るために必要な最小吸着帯厚さ X_d は

$$X_d = 34 \log 100 = 68 (\text{mm})$$

となる。

(2) 静的吸着帯厚さ (Xs) の算出

空塔線速度と処理ガス流量より、必要吸着帯断面積 A を求める。

但し、安全を考慮して 150℃ で計算した。

$$A = \frac{350 \times \frac{273+150}{273+25} \times \frac{1}{3600}}{20 \times \frac{1}{100}} = 0.69 \text{m}^2$$

表-2 フィルタ規格

使用する吸着剤フィルタは右の表-2
に示す標準規格品を使用する。

フィルタベッド厚 [mm]		50
吸着表面積 [m ²]		0.67
寸法	縦 [mm]	610
	横 [mm]	305
	高さ [mm]	400

この場合のガスの流れ方向に並列方向のフィルタ台数 n_{rp} は

$$n_{rp} = \frac{A}{0.67 \text{m}^2/\text{台}} = \frac{0.69 \text{m}^2}{0.67 \text{m}^2/\text{台}} = 1.03 \text{台}$$

従って2台とする。

静的吸着帯厚さ X_s は次式で求まる。

$$X_s = \frac{2.5 \times 10^{-9} \text{kg-ヨウ素/m}^3 \times 350 \text{m}^3/\text{h} \times 24 \text{h/d} \times 300 \text{d/y} \times 4 \text{y}}{0.055 \text{kg-CH}_3\text{I/kg-AgX} \times 1.01 \times 10^3 \text{kg/cm}^3 \times 2 \text{台} \times 0.67 \text{m}^2/\text{台}}$$

$$= 0.0034 (\text{m})$$

これより $X_s = 4 \text{mm}$ とする。

(3) 吸着剤の厚さ (X_t) の算出

静的吸着帯と動的吸着帯の和に、設計上の安全率1.5を相乗させたものを吸着剤厚さ X_t (mm) とする。

$$X_t = 1.5 \times (X_d + X_s) = 1.5 \times (68\text{mm} + 4\text{mm}) = 108\text{mm}$$

これより流れ方向に直列方向のフィルタ段数 n_{ra} (段) は次式で表わされる。

$$n_{ra} = \frac{X_t}{(\text{使用フィルタのベット厚さ})} = \frac{108\text{mm}}{50\text{mm/段}} = 2.2\text{段}$$

これよりフィルタ段数は3段とする。

(4) フィルタケーシングの検討

フィルタケーシングは既設のものを使用し、ガスの流れの並列方向には4台、直列方向には3段すなわち全段にフィルタエレメントを装着する。

並列方向に4台使用した場合の線速度を求めると

$$\frac{350 \times \frac{273+150}{273+25} \times \frac{1}{3600}}{0.67 \times 4} \times 100 = 5.15 \text{ (cm)}$$

となる。線速度が遅くなると、ヨウ素の除去効率は上がるので、4台としても問題はない。

既設のフィルタにおいては、ガスの流れに直列方向の3段目にはダストフィルタが装着されているが、これまでの動燃事業団殿再処理工場U245系AgXフィルタの使用実績によると、AgXの粉化などによるダストは、ほとんどないので、後段のダストフィルタは必要なく、全段にAgXフィルタを装着できる。また、前段の既設フィルタ(307F157/F158)がプレフィルタとして有害物質を除去する。

ヒータにより150℃まで加熱されたガスがフィルタに流入することから、耐熱性や腐蝕性を考慮すると、予備ケーシングもSEHC製のものから、常用ケーシングと同様のSUS製のものに交換する方が望ましい。よって、本検討においては、予備ケーシングを常用のケーシングと同様のものに交換することとする。

1.3.2 ヒータ

ヨウ素除去フィルタへの処理ガスを設定温度まで昇温するためにヒータを設置する。以下に所要電気容量を算出する。

物性値は空気と同じとみなし、密度 $\rho = 1.29\text{kg/Nm}^3$ 、比熱 $C_p = 0.24\text{kcal/kg}^\circ\text{C}$ とする。

昇温に必要な熱量 q は

$$\begin{aligned} q &= \rho Q C_p (T_2 - T_1) \quad (Q: \text{ガス流量、} T_2: \text{出口温度、} T_1: \text{入口温度}) \\ &= 1.29 \frac{\text{kg}}{\text{Nm}^3} \times 350 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \left(\frac{273}{273+25} \right) \times 0.24\text{kcal/kg}^\circ\text{C} \times (150-25)^\circ\text{C} \\ &= 1.24 \times 10^4 \text{ kcal/h} \\ &= 14.4\text{kW} \end{aligned}$$

余裕を25%考慮してヒータの電気容量 W は

$$W = 1.25 \times 14.4 = 18\text{kW}$$

以上が必要と考えられる。

使用するヒータの仕様を表-3に示す。

表-3 ヒータの仕様

電気容量 (kW)	21
エレメント外径 (mm)	12
エレメント数 (本)	18
エレメント長さ (mm)	1400
発熱部長さ (mm)	1200

1.3.3 クーラ

吸着温度の最高150℃の処理ガスを40℃まで下げる必要がある。そのために、クーラを設置する。

(1) クーラの選定

冷却器としては、一般的には多管式熱交換器、二重管式熱交換器が考えられる。他にも、用途に応じて特殊な形状の冷却器（渦巻管式熱交換器、ハン普森式熱交換器など）があるが、それらはコストも高く、ここでは考えない。

二重管式熱交換器に比べて、多管式熱交換器は、大きな伝熱面積を小さな形状で得ることができる。本装置の場合には、設置場所を考慮し、多管式熱交換器を選定した。

多管式熱交換器としては、次の5つの形状のものが考えられる。

① 固定管板形

形状が簡単で安価である。欠点としては管外側の清掃が困難であり、また、温度膨張に対して伸縮継手が必要である。

② Uチューブ形

熱膨張に対して自由であり、管外の清掃もでき、価格も①よりも割安となる。

③ 遊動頭形

熱膨張に対して自由であり、管外の清掃もできるが、構造が複雑で割高となり、漏洩の恐れがある。

④ バヨネット・チューブ形

胴側流体と管側流体との温度差が極端に大きく、高圧の場合に用いられる特殊な形状である。

⑤ 二重管板形

流体の純度を特に重要視した場合に用いられる特殊な形状である。

本装置では、ガス側が150℃、冷却水が30℃であるので、管の熱膨張が考えられる。また、漏洩や価格も考慮して、ここでは、ヨウ素除去装置として実績のあるUチューブ形の多管式熱交換器を選定した。

(2) 概略計算⁽⁴⁾

(i) 交換伝熱量 Q

$$\begin{aligned} Q &= 350\text{m}^3/\text{h} \times \left(\frac{273}{273+25} \right) \times 1.29\text{kg}/\text{m}^3 \times 0.24\text{kcal}/\text{kg}\text{℃} \times (150-40)\text{℃} \\ &= 1.09 \times 10^4 \text{kcal}/\text{h} \end{aligned}$$

(ii) 使用冷却水量 W

冷却水は入口30℃、出口35℃であるとする。

$$W = \frac{Q}{C_p \Delta t} = \frac{1.09 \times 10^4 \text{kcal}/\text{h}}{1.0\text{kcal}/\text{kg}\text{℃} \times 5\text{℃}} = 2.18 \times 10^3 \text{kg}/\text{h}$$

(iii) 対数平均温度差 ΔT

$$\Delta T = \frac{[(150-35) - (40-30)]}{\ln [(150-35)/(40-30)]} = 43.0^\circ\text{C}$$

(iv) 概略寸法

総括伝熱係数 $U = 37\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ と仮定する。所要伝熱面積 A は

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta T} = \frac{1.09 \times 10^4}{37 \times 43} = 6.85 (\text{m}^2)$$

伝熱管は SUS 管とし、外径 $D_o = 19(\text{mm})$ 、内径 $D_i = 15(\text{mm})$

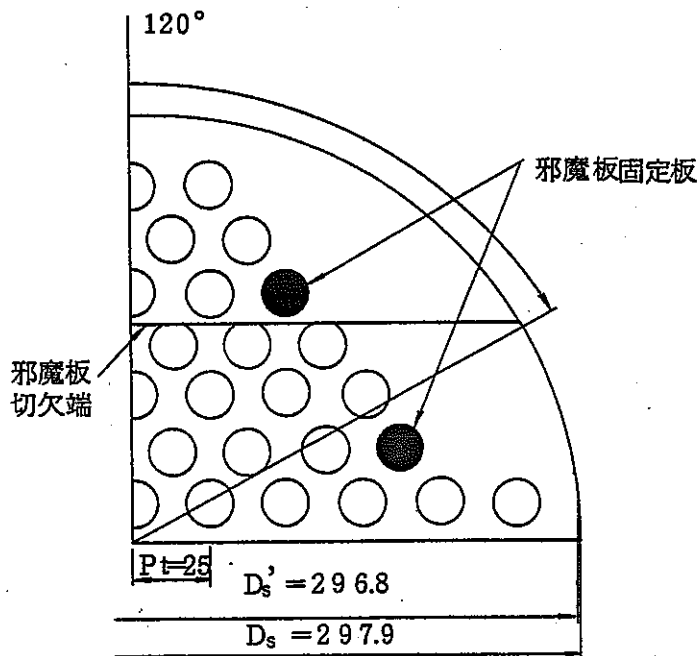
直管部 $L = 1.6(\text{m})$ の U 字管を使用する。

所要伝熱管本数

$$N_t = \frac{A}{\pi D_o L} = 71.7 \text{本}$$

余裕を見て、管は 80 本 (U チューブ 40 本) とする。管外径 $D_o = 0.019\text{m}$ 、内径 $D_i = 0.015\text{m}$

管の配列を下図に示す。



胴は 300A Sch40

邪魔板は 25%、切欠円形邪魔板とし、邪魔板数 $N_b = 7$ とする。

$$n_{w1} = n_{w2} = 12$$

(邪魔板切欠部の管本数 10 本に邪魔板固定板 2 本を加える)

$$N_c = 8 \text{列}$$

(邪魔板の端から端までの管列数)

$$N_w = 3 \text{列}$$

(邪魔板切欠部の管列数)

(v) 流体中心温度

図 - 2 より温度補正係数 $F_c = 1$

胴側流体中心温度 $T_c = 95^\circ\text{C}$

管側流体中心温度 $t_c = 34.5^\circ\text{C}$

(vi) 管側境膜伝熱係数 h_i

1パス当りの管側流路面積 a_i

$$a_i = \frac{\pi}{4} \times (0.015)^2 \times \frac{80}{2} = 0.0071 \text{ (m}^2\text{)}$$

管内冷却水の質量速度 G_i

$$G_i = \frac{2.18 \times 10^3}{0.0071} = 3.07 \times 10^5 \text{ (kg/m}^2\text{h}^\circ\text{C)}$$

管内冷却水のレイノルズ数 Re

$t_c = 34.5^\circ\text{C}$ における水の粘度 $\mu = 2.69 \text{ (kg/mh)}$

$$Re = D_i G_i / \mu = \frac{0.015 \times 3.07 \times 10^5}{2.69} = 1712$$

$t_c = 34.5^\circ\text{C}$ における水の比熱 $C = 1 \text{ (kcal/kg}^\circ\text{C)}$

$t_c = 34.5^\circ\text{C}$ における水の熱伝導度 $k = 0.52 \text{ (kcal/kg}^\circ\text{C)}$

図-2より $j_H = 5$

$$\frac{h_i D_i}{k} = j_H \left(\frac{C \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$$

$$\left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} = 0.99 \text{ と仮定する。}$$

$$h_i = 5 \times \left(\frac{1.0 \times 2.69}{0.52} \right)^{1/3} \times 0.98 \times \frac{0.52}{0.015} = 294 \text{ (kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C)}$$

(vii) 胴側境膜伝熱係数 h_o

$$\text{邪魔板間隔 BP} = \frac{1.5}{1+7} = 0.188 \text{ (m)}$$

熱交換器の中心線に最も近い管列での直流れに対する最小流体通過面積 S_o

$$S_o = (0.2968 - 11 \times 0.019) \times 0.188 = 0.0165 \text{ (m}^2\text{)}$$

熱交換器の中心線での直流れの最大質量速度 G_o

$$G_o = \frac{350 \times \left(\frac{273}{273+25} \right) \times 1.29}{0.0165} = 2.51 \times 10^4 \text{ (kg/m}^2\text{h)}$$

レイノルズ数 Re

$T_c = 95^\circ\text{C}$ における空気の粘度 $\mu = 0.079 \text{ (kg/mh)}$

$$Re = \frac{0.019 \times 2.51 \times 10^4}{0.079} = 6036$$

図-3より $j_H = 0.011$

邪魔切欠部での流路面積 S_b

$$S_b = K_1 D_s^2 - n_{w2} \frac{\pi}{4} D_o^2$$

$$n_{w2} = 12 \text{ (本)}$$

K_1 は表-4により、 $K_1 = 0.154$

表-4 K_1 の値¹⁴⁾

邪魔板欠切 H_B	K_1
0.25 D_s	0.154
0.30 D_s	0.198
0.35 D_s	0.245
0.40 D_s	0.293
0.45 D_s	0.343

$$S_b = 0.154 \times (0.2979)^2 - 12 \times \frac{\pi}{4} \times (0.019)^2 = 0.0103 \text{ (m}^2\text{)}$$

補正係数 ϕ

$$\phi = 1.0 - \gamma + 0.524(\gamma)^{0.32} (S_c/S_b)^{0.03}$$

$$\gamma = \frac{2 \cdot N_{w1}}{N_{t^*}}$$

$$n_{w1} = 12 \text{ (本)}$$

N_{t^*} は管本数80本に邪魔板固定棒数8本を加えた値で

$$N_{t^*} = 88 \text{ (本)}$$

$$\gamma = \frac{2 \times 12}{80} = 0.27$$

$$\phi = 1.0 - 0.27 + 0.524(0.27)^{0.32} (0.0147/0.0103)^{0.03} = 1.08$$

管束と胴内径との間の間隙の流路面積 S_d

$$S_d = \{0.2968 - (11-1) \cdot 0.025 - 0.019\} \times 0.188 = 0.0052 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$F_{BP} = \frac{S_d}{S_c} = \frac{0.0052}{0.0165} = 0.32$$

補正係数 ξ_h

バイパス防止板を設けないので

$$\xi_h = \exp(-1.25F_{BP}) = \exp(-1.25 \times 0.32) = 0.67$$

補正係数 X

$$\begin{aligned} N_c' &= (N_b+1)N_c + (N_b+2)N_w \\ &= (8+1) \times 8 + (8+2) \times 3 \\ &= 102 \end{aligned}$$

表 - 5 より、 $X = 1.0$

表 - 5 N_c' と X との関係 ($Re > 2,000$)¹⁴⁾

N_c'	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0.63	0.70	0.77	0.83	0.86	0.88	0.90	0.91
N_c'	9	10	12	15	18	25	35	72
X	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99

邪魔板の管孔と伝熱管外径との隙間の流路面積 S_{TB}

$$S_{TB} = n_B \frac{\pi}{4} (D_H^2 - D_o^2)$$

$n_B = 84$ (邪魔板 1 枚当りの伝熱管用管孔数 78 本に邪魔板固定棒用管孔数 6 本を加える)

管孔径 $D_H = 0.020$ (m) とする。

$$S_{TB} = 76 \times \frac{\pi}{4} \times (0.020^2 - 0.019^2) = 0.00233 \text{ (m}^2\text{)}$$

邪魔板径と胴内径との間の隙間の流路面積 S_{SB}

$$S_{SB} = \left(\frac{360-A}{360} \right) \frac{\pi}{4} (D_S^2 - D_B^2)$$

$$A = 120^\circ$$

邪魔板の径 $D_B = 0.295$ (m) とする。

$$S_{SB} = \left(\frac{360-120}{360} \right) \times \frac{\pi}{4} \times (0.2979^2 - 0.295^2) = 0.00090 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$S_L = S_{TB} + S_{SB} = 0.00233 + 0.00090 = 0.00323 \text{ (m}^2\text{)}$$

間隙を通る流れによる補正係数 F_g

$$F_g = 1 - \frac{\alpha (S_{TB} + 2S_{SB})}{S_L}$$

$$S_L / S_c = 0.00323 / 0.0165 = 0.195$$

図 - 4 より $\alpha = 0.18$

$$F_g = 1 - \frac{0.18 \times (0.00233 + 2 \times 0.00090)}{0.00323} = 0.77$$

平滑管であるので、 $F_{rh} = 1.0$

以上により

$$\begin{aligned}
 h_o &= F_{rh} \cdot j_H (C \cdot G_c) \left(\frac{C \mu^{-2/3}}{k} \right) \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} \left(\frac{\phi \xi_h}{X} \right) F_g \\
 &= 1.0 \times 0.011 \times (0.241 \times 2.51 \times 10^4) \times \left(\frac{0.241 \times 0.079}{0.0268} \right)^{-2/3} \\
 &\quad \times \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} \times \left(\frac{1.08 \times 0.67}{0.99} \right) \times 0.77 \\
 &= 47.0 \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}
 \end{aligned}$$

$$\left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} = 0.98 \text{ と仮定する。}$$

$$h_o = 46.1$$

(viii) 汚 れ 係 数

$$\text{管内側 (冷却水) } r_i = 0.0002 \text{ (m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal)}$$

$$\text{管外側 (空 気) } r_o = 0.0004 \text{ (m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal)}$$

(ix) 管金属(SUS)の熱伝導率 k_w

$$k_w = 100 \text{ (kcal/mh}^\circ\text{C)}$$

(x) 統括伝熱係数 U

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{U} &= \frac{1}{h_o} + r_o + \frac{t_s}{k_w} \left(\frac{D_o}{D_m} \right) + r_i \frac{D_o}{D_i} + \frac{1}{h_i} + \frac{D_o}{D_i} \\
 &= \frac{1}{46.1} + 0.0004 + \frac{0.017}{100} \times \frac{0.019}{0.017} + 0.002 \times \frac{0.019}{0.015} + \frac{1}{294} \times \frac{0.019}{0.015} \\
 &= 0.0268 \text{ (m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal)}
 \end{aligned}$$

よって、 $U \approx 37 \text{ (kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C)}$

従って、(iv)で仮定した U が正しかったことがわかる。

(xi) 管壁温度 t_w

$$\begin{aligned}
 t_w &= t_c + \frac{h_o}{h_i (D_i/D_o) + h_o} (T_c - t_c) \\
 &= 34.5 + \frac{46.26}{294 \times (0.019/0.015) + 46.26} \times (95 - 34.5) \\
 &\approx 41(^\circ\text{C})
 \end{aligned}$$

41°Cにおける空気の粘度 $\mu_w = 0.070$

$$\left(\frac{\mu_w}{\mu} \right)^{0.14} = \left(\frac{0.070}{0.079} \right)^{0.14} = 0.98 \text{ よって、(vii)で仮定した } \left(\frac{\mu_w}{\mu} \right)^{0.14} \text{ は正しい。}$$

41°Cにおける水の粘度 $\mu_w = 2.36$

$$\left(\frac{\mu_w}{\mu} \right)^{0.14} = \left(\frac{2.36}{2.67} \right)^{0.14} = 0.98 \text{ よって、(vi)で仮定した } \left(\frac{\mu_w}{\mu} \right)^{0.14} \text{ は正しい。}$$

(xii) 胴側圧力損失

- (a) 管束と直交して流れるときの圧力損失 ΔP_B

$$Re = \frac{D_o G_c}{\mu} = 6036$$

図 - 5 より摩擦係数 $f_s = 0.14$

補正係数 ξ_{dp}

$$\xi_{dp} = \exp(-3.8 F_{Rp}) = \exp(-3.8 \times 0.32) = 0.296$$

伝熱管には平滑管を用いているので、 $F_{Rp} = 1.0$ である。従って、

$$\begin{aligned} \Delta P_B &= F_{Rp} \cdot \frac{4f_s \cdot G_c^2 \cdot N_c}{2g_c \cdot \rho} \cdot \xi_{dp} \cdot \left(\frac{\mu_w}{\mu}\right)^{0.14} \\ &= 1 \times \frac{4 \times 0.14 \times (2.81 \times 10^4)^2 \times 8}{2 \times 1.27 \times 10^8 \times 1.29} \times 0.296 \times \left(\frac{0.070}{0.079}\right)^{0.14} \\ &= 3.13 \text{ (kg/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

- (b) 邪魔板切欠部を通る流れの圧力損失 ΔP_w

邪魔板切欠部での流速 V_b

$$V_b = \frac{W_s}{S_b \cdot \rho} = \frac{350 \times \left(\frac{273}{273+25}\right) \times 1.29}{0.0103 \times 1.29} = 3.11 \times 10^4 \text{ (m/h)}$$

管束と直交して流れる流速 V_c

$$V_c = \frac{W_s}{S_c \cdot \rho} = \frac{350 \times \left(\frac{273}{273+25}\right) \times 1.29}{0.0165 \times 1.29} = 1.94 \times 10^4 \text{ (m/h)}$$

平均流速 V_z

$$V_z = \sqrt{V_b \cdot V_c} = \sqrt{3.11 \times 10^4 \times 1.94 \times 10^4} = 2.46 \times 10^4 \text{ (m/h)}$$

以上により

$$\begin{aligned} \Delta P_w &= (2.0 + 0.6N_w) \cdot \frac{\rho V_z^2}{2g_c} \\ &= (2.0 + 0.6 \times 3) \cdot \frac{1.29 \times (2.46 \times 10^4)^2}{2 \times 1.27 \times 10^8} \\ &= 11.68 \text{ (kg/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

- (c) 隙間流れによる補正係数 β

図 - 4 により $\delta = 0.37$

よって、 $\beta = 1 - \delta \cdot [(S_{TB} + 2S_{SA}) / S_L]$

$$\begin{aligned} &= 1 - 0.37 \times \left(\frac{0.00233 + 2 \times 0.00090}{0.00323}\right) \\ &= 0.527 \end{aligned}$$

(d) 胴側両端での直流れの圧力損失 $\Delta P_B'$

$$\begin{aligned}\Delta P_B' &= \left(1 + \frac{N_w}{N_c}\right) \Delta P_B \\ &= \left(1 + \frac{3}{8}\right) \times 3.13 \\ &= 4.30 \text{ (kg/m}^2\text{)}\end{aligned}$$

(e) 胴側圧力損失合計 ΔP_s

$$\begin{aligned}\Delta P_s &= 2\Delta P_B' + [(N_b - 1)\Delta P_B + N_b \cdot \Delta P_w] \\ &= 2 \times 4.30 + 0.527 \times [(7 - 1) \times 3.13 + 7 \times 11.68] \\ &= 61.6 \text{ (kg/m}^2\text{)} = 61.6 \text{ (mmAq)}\end{aligned}$$

これより、ノズル等の圧力損失も含め、十分余裕を見て $\Delta P_s = 400 \text{ mmAq}$ とする。

(Xiii) 管側圧力損失 ΔP_T

(a) 直管部圧力損失 ΔP_t

$Re = 1712$ であるので図 - 6 より摩擦係数 $f_t = 0.017$

$$\begin{aligned}\Delta P_t &= \frac{4f_t \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n_t \text{ (ft)}}{2g_c \cdot \rho \cdot D_i} \left(\frac{\mu_w}{\mu}\right)^{0.14} \\ &= \frac{4 \times 0.017 \times (3.07 \times 10^5)^2 \times 1.6 \times 2}{2 \times 1.27 \times 10^8 \times 1000 \times 0.015} \times \left(\frac{2.36}{2.69}\right)^{0.14} \\ &= 5.28 \text{ (kg/m}^2\text{)}\end{aligned}$$

(b) 方向変換による圧力損失 ΔP_r

$$\begin{aligned}\Delta P_r &= \frac{4 \cdot G_t^2 \cdot n_t \text{ (ft)}}{2 \cdot g_c \cdot \rho} \\ &= \frac{4 \times (3.07 \times 10^5)^2 \times 2}{2 \times 1.27 \times 10^8 \times 1000} \\ &= 2.97 \text{ (kg/m}^2\text{)}\end{aligned}$$

(c) 管側圧力損失合計

$$\begin{aligned}\Delta P_T &= \Delta P_t + \Delta P_r = 5.28 + 2.97 = 8.25 \text{ (kg/m}^2\text{)} \\ &= 8.25 \text{ (mmAq)}\end{aligned}$$

ノズル等の圧力損失も含め、十分余裕を見て $\Delta P_T = 150 \text{ (mmAq)}$ とする。

1.3.4 ブロワ

ヨウ素除去装置の圧力損失分を補うためにブロワを設置する。既設のフィルタケーシングを使用することから、配管も既設と同様の径のものを使用する。各機器の圧力損失を下表に示す。

ヒータ	70
フィルタケーシング (ダストフィルタ)	50
フィルタケーシング (AgXフィルタ)	105
クーラ	400
配管系	50
合計	675

ブロウ出口の配管を 180φ とするとガスの線速は

$$\frac{350 \times \frac{273+40}{273+25}}{\frac{\pi}{4} \times 0.18^2 \times 3600} = 4.01 \text{ (m/s)}$$

となる。この場合、動圧は約 $1\text{mmH}_2\text{O}^{15}$ となるが、静圧としては、 $675\text{mmH}_2\text{O}$ とする。表-7 にブロワの仕様を示す。

表-7 ブロワ仕様

風量 (m³/M)	5.8
静圧 (mmH₂O)	675
回転数 (rpm)	4200
電動機 (kW)	2.2

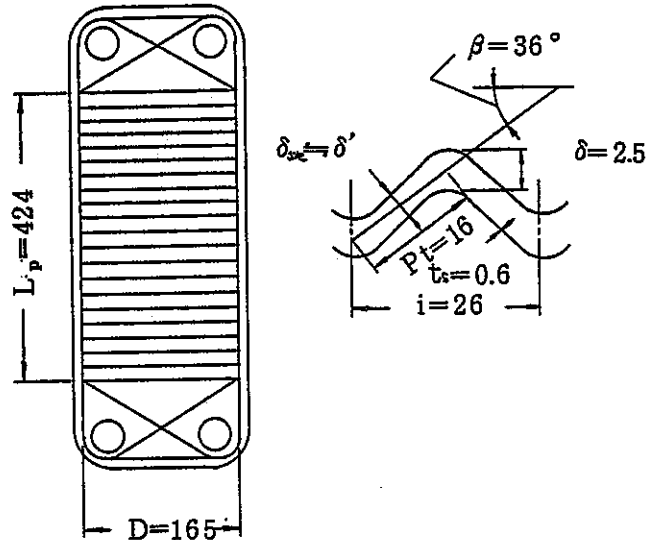
1.3.5 冷却水クーラ

クーラには、冷却水が必要であり、これを供給する装置が必要である。クーラに供給する冷却水を一次冷却水とし、これを冷却水クーラ（プレート式熱交換器）で、二次冷却水によって冷却する。

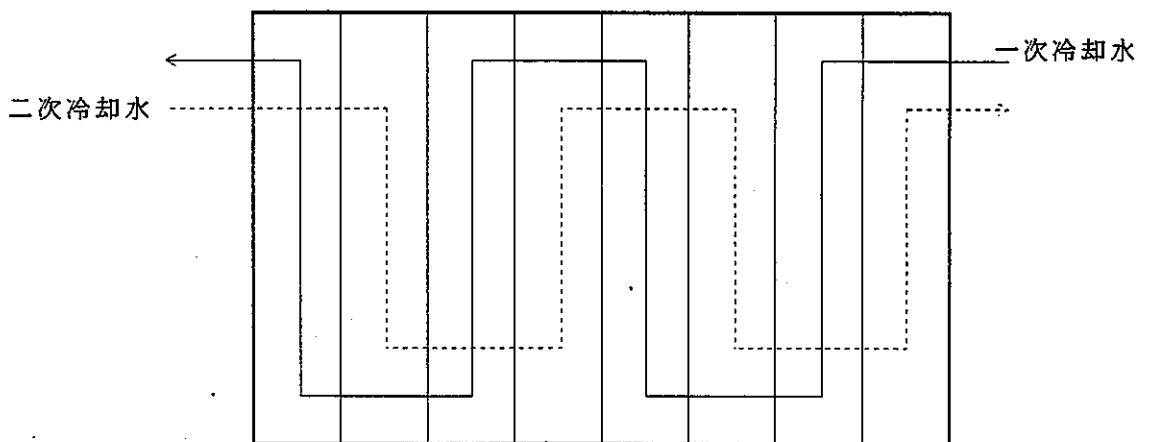
$2.18 \times 10^3 \text{ kg/h}$ の一次冷却水を 35°C から 30°C まで冷却する。但し、二次冷却水の入口温度 20°C 、出口温度 25°C とする。概略計算¹⁴⁾を以下に示す。

(1) プレート型式及び流路構成

プレート形式を下图に示すような三角平行波形とする。



流路構成は下图に示すような向流1-1流路とする。



(2) 伝熱量 Q

$$Q = 2.18 \times 10^3 \times 1.0 \times (35 - 30) = 1.09 \times 10^4 \text{ (kcal/h)}$$

(3) 二次冷却水量 w

$$w = \frac{1.09 \times 10^4}{25-20} = 2.18 \times 10^3 \text{ (kg/h)}$$

(4) 一次冷却水側境膜伝熱係数 h_1

一次冷却水の物性定数としては、入口温度と出口温度の算術平均値 32.5°C における値を用いる。

質量速度 G は

$$G = \frac{W}{B \delta} = \frac{2.18 \times 10^3}{0.165 \times 0.0025} = 5.28 \times 10^6 \text{ (kg/m}^2\text{h)}$$

相当径 D_e' は

$$D_e' = 2 \delta_{ave} = 2 \delta \cos \beta = 2 \times 0.0025 \times \cos 36^\circ = 0.0040 \text{ (m)}$$

レイノルズ数 Re は

$$Re = \frac{D_e' \cdot G}{\mu} = \frac{0.0040 \times 5.28 \times 10^6}{2.79} = 7570$$

プラントル数 Pr は

$$Pr = \frac{C \cdot \mu}{k} = \frac{1.0 \times 2.79}{0.531} = 5.25$$

以上から境膜伝熱係数 h_1 は

$$\begin{aligned} \frac{h_1 \cdot D_e'}{k} &= 1.0 \left(\frac{D_e'}{Pt} \right) \cdot \exp \left(\frac{-1.1 D_e'}{Pt} \right) \cdot \left(\frac{D_e' G}{\mu} \right)^{0.62} \cdot \left(\frac{C \mu}{k} \right)^{0.4} \\ &= 1.0 \times \left(\frac{0.0040}{0.016} \right) \cdot \exp \left(\frac{-1.1 \times 0.0040}{0.016} \right) \cdot (7570)^{0.62} \cdot (5.25)^{0.4} \\ &= 93.7 \end{aligned}$$

$$h_1 = 93.7 \times \frac{0.531}{0.0040} = 1.24 \times 10^4 \text{ (kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C)}$$

(5) 二次冷却水側境膜伝熱係数 h_2

二次冷却水の物性定数としては、入口温度と出口温度の算術平均値 22.5°C における値を用いる。

$$G = \frac{w}{B \delta} = \frac{2.18 \times 10^3}{0.165 \times 0.0025} = 5.28 \times 10^6 \text{ (kg/m}^2\text{h)}$$

$$D_e' = 0.0040 \text{ (m)}$$

$$Re = \frac{D_e' \cdot G}{\mu} = \frac{0.0040 \times 5.28 \times 10^6}{3.49} = 6052$$

$$Pr = \frac{C \mu}{k} = \frac{1.0 \times 3.49}{0.518} = 6.74$$

$$\begin{aligned} \frac{h_2 \cdot D_{e'}}{k} &= 1.0 \left(\frac{D_{e'}}{Pt} \right) \cdot \exp\left(\frac{-1.1 D_{e'}}{Pt} \right) \cdot \left(\frac{D_{e'} G}{\mu} \right)^{0.62} \left(\frac{C \mu}{k} \right)^{0.4} \\ &= 1.0 \times \left(\frac{0.0040}{0.016} \right) \cdot \exp\left(\frac{-1.1 \times 0.0040}{0.016} \right) \cdot (6052)^{0.62} (6.74)^{0.4} \\ &= 90.1 \end{aligned}$$

$$h_2 = 90.1 \times \frac{0.518}{0.0040} = 1.17 \times 10^4 \text{ (kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C)}$$

(6) 伝熱板金属の伝熱抵抗

伝熱板の厚さ $t_s = 1.2$ (mm)、材料を SUS304 ($\lambda = 100$ kcal/mh $^\circ\text{C}$) とする。

$$\frac{t_s}{\lambda} = \frac{0.0012}{100} = 1.2 \times 10^{-5} \text{ (m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal)}$$

(7) 汚れ係数

一次冷却水側 $r_1 = 0.0002$ (m 2 h $^\circ\text{C/kcal}$)

二次冷却水側 $r_2 = 0.0002$ (m 2 h $^\circ\text{C/kcal}$)

(8) 総括伝熱係数 U

$$\begin{aligned} \frac{1}{U} &= \frac{1}{h_1} + r_1 + \frac{t_s}{\lambda} + r_2 + \frac{1}{h_2} \\ &= \frac{1}{12400} + 0.0002 + 1.2 \times 10^{-5} + 0.0002 + \frac{1}{11700} \\ &= 5.78 \times 10^{-4} \text{ (m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal)} \end{aligned}$$

$$U = 1730 \text{ (kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C)}$$

(9) 所要プレート枚数

波形部の投影面積 A' は

$$A' = B \times L_p = 0.165 \times 0.424 = 0.070 \text{ (m}^2\text{)}$$

波形の角度 $\beta = 36^\circ$ であるので、プレート 1 枚あたりの伝熱面積 A_p は

$$A_p = \frac{A'}{\cos \beta} = \frac{0.070}{\cos 36^\circ} = 0.087 \text{ (m}^2\text{)}$$

温度効率 E_A は

$$E_A = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} = \frac{25 - 20}{35 - 20} = 0.333$$

水当量比 R_A は

$$R_A = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} = \frac{35 - 30}{25 - 20} = 1.0$$

流路構成は 1 - 1 流路としているので図 - 7 より

$$(NTU)_A = \frac{U \cdot A}{W \cdot C} = 0.52$$

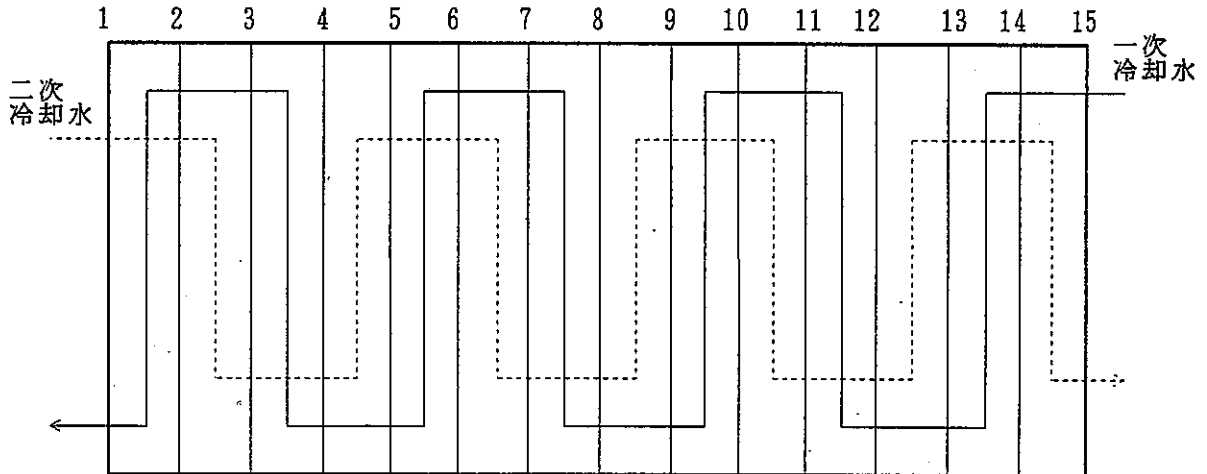
従って、所要伝熱面積Aは

$$\begin{aligned}
 A &= (NTU)_A \cdot \frac{W \cdot C}{U} \\
 &= 0.52 \times \frac{2.18 \times 10^3 \times 1.0}{1730} \\
 &= 0.655 \text{ (m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

従って、所要プレート枚数は50%の余裕を見て

$$N = \frac{0.655}{0.087} \times 1.7 = 11 \text{ 枚}$$

実際には、プレート両端にそれぞれ1枚ずつの余分のプレートが必要である。また、流路構成を考慮して、プレート枚数を15枚とし、下図に示す流路構成とする。



(10) 一次冷却水側圧力損失

流路長さLは

$$L = \frac{L_p}{\cos \beta} = \frac{0.424}{\cos 36^\circ} = 0.524 \text{ (m)}$$

1パス当りの圧力損失 ΔP は

$$\begin{aligned}
 \Delta P &= 3.0 \times 10^{-6} \cdot \frac{G^2}{\rho} \cdot \left(\frac{D_e \cdot G}{\mu} \right)^{-0.30} \cdot L \\
 &= 3.0 \times 10^{-6} \times \frac{(5.28 \times 10^6)}{994.8} \times (7570)^{-0.30} \times 0.524 \\
 &= 3022 \text{ (kg/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

一次冷却水は6パスであるので、圧力損失は

$$3022 \times 6 = 18132 \text{ (kg/m}^2\text{)} = 18132 \text{ (mmAq)}$$

余裕をみて20000 (mmAq) とする。

(1) 二次冷却水側圧力損失

1パス当りの圧力損失 ΔP は

$$\begin{aligned}\Delta P &= 3.0 \times 10^{-6} \cdot \frac{G^2}{\rho} \cdot \left(\frac{D_e \cdot G}{\mu} \right)^{-0.30} \cdot L \\ &= 3.0 \times 10^{-6} \times \frac{(5.28 \times 10^6)^2}{997.6} \times (6052)^{-0.30} \times 0.524 \\ &= 3223 \text{ (kg/m}^2\text{)}\end{aligned}$$

二次冷却水は2パスであるので、圧力損失は

$$3223 \times 2 = 6446 \text{ (kg/m}^2\text{)} = 6446 \text{ (mmAq)}$$

余裕を見て25000mmAqとする。

1.3.6 冷却水ユニット

冷却水クーラには、二次冷却水を供給する冷却水ユニットが必要である。

二次冷却水の仕様を次に示す。

流 量	: $2.18 \times 10^3 \text{ kg/h}$
冷却水クーラ入口温度	: 20°C
冷却水クーラ出口温度	: 25°C

冷却能力としては、 $1.09 \times 10^4 \text{ kcal/h}$ 必要であるが、余裕を見て $1.5 \times 10^4 \text{ kcal/h}$ とする。これより冷却水ユニットの仕様を表-8に示す。

表-8 冷却水ユニット仕様

冷却能力(kcal/h)	1.5×10^4
供給温度($^\circ\text{C}$)	20
流 量(kg/h)	2.18×10^3
揚 程(m)	35
消費電力(kW)	9.2

1.3.7 冷却水ポンプ

冷却水クーラからクーラに、一次冷却水を供給するためには、クーラおよび冷却水クーラでの圧力損失分を補うためにポンプが必要である。各機器の圧力損失を下表に示す。

ク　　ー　　ラ	150
冷却水クーラ	20000
配　　管　　系	150
合　　計	20300

冷却水ポンプの仕様を表-9に示す。

表-9 冷却水ポンプ仕様

流　　量(kg/h)	2.18×10^3
揚　　程(m)	25
消　費　電　力(kW)	0.75

1.3.8 保 温 材

ヒータでガスを150℃まで加熱されるために、室内の温度上昇の防止および、やけど防止のためにヒータからクーラ入口までの間、保温を行なう必要がある。

保温材として、はっ水パーライト1号（年間使用時間7300h）を使用する。JIS A 9501により保温材の厚さは表-10となる。

但し、管内温度を150℃とした。

表-10 保温材厚さ

機 器 ・ 配 管	保温材厚さ (mm)
ヒ ー タ	100
ダストフィルタ	125
ヨウ素除去フィルタ	125
1 0 0 A 配 管	75
2 0 0 A 配 管	100

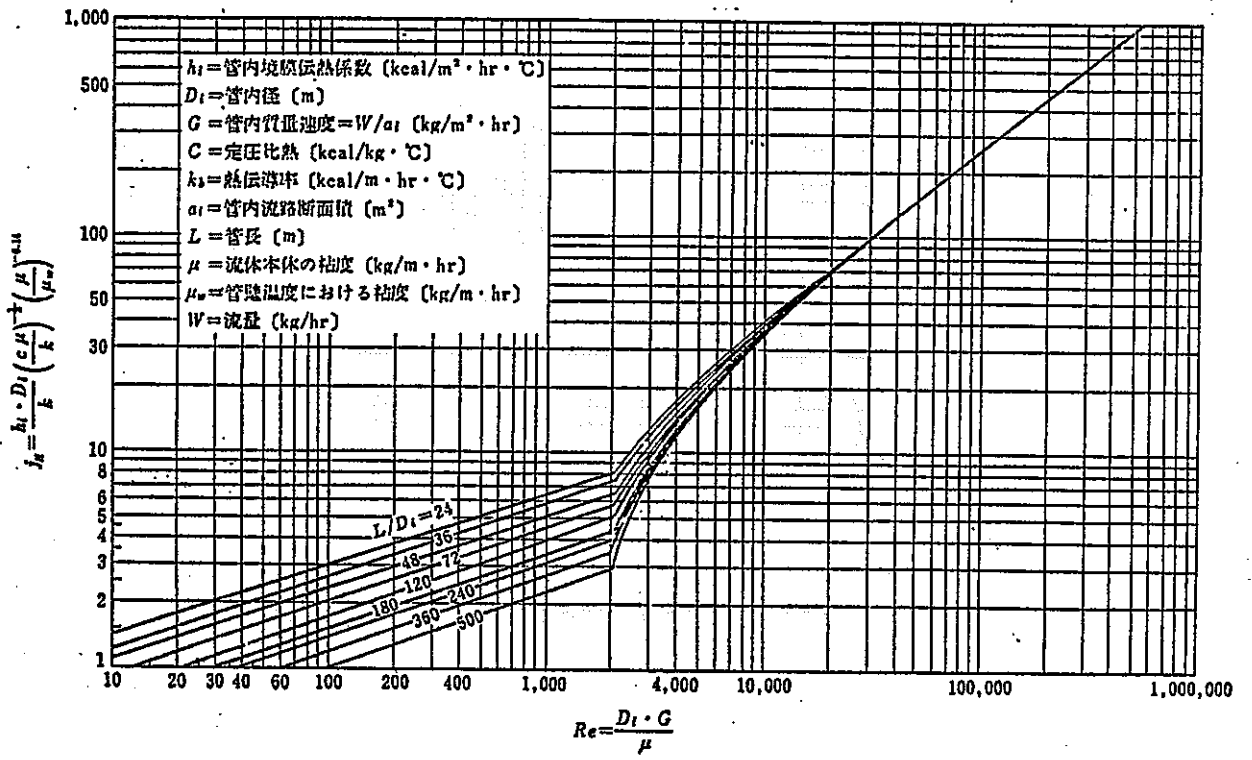


図-2 管内側境膜伝熱係数¹⁴⁾

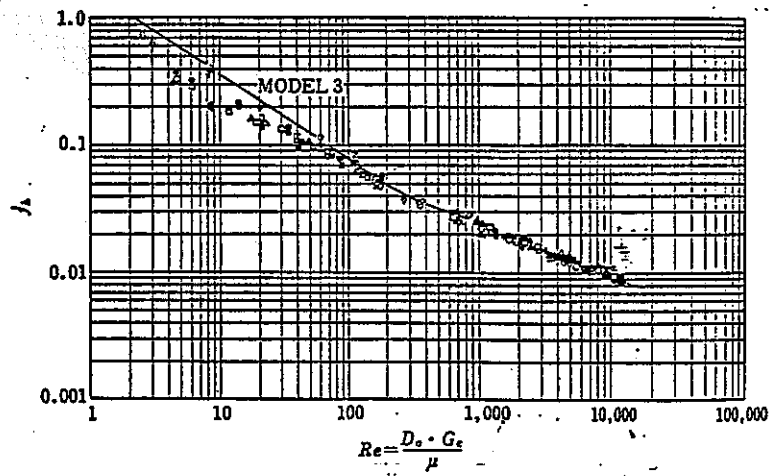


図-3 胴側境膜伝熱係数¹⁴⁾

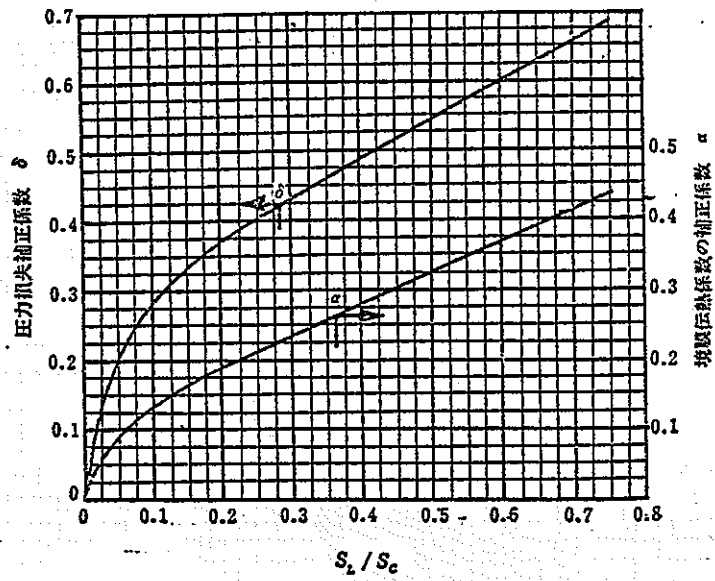


図-4 隙間による境膜伝熱係数, 圧力損失補正係数¹⁴⁾

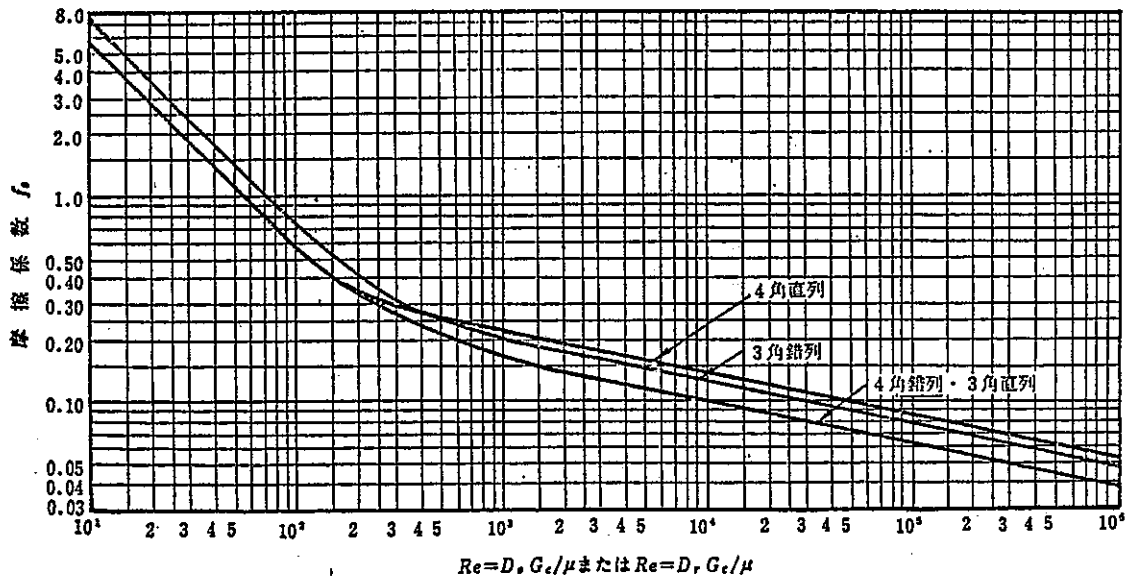


図-5 胴側摩擦係数¹⁴⁾

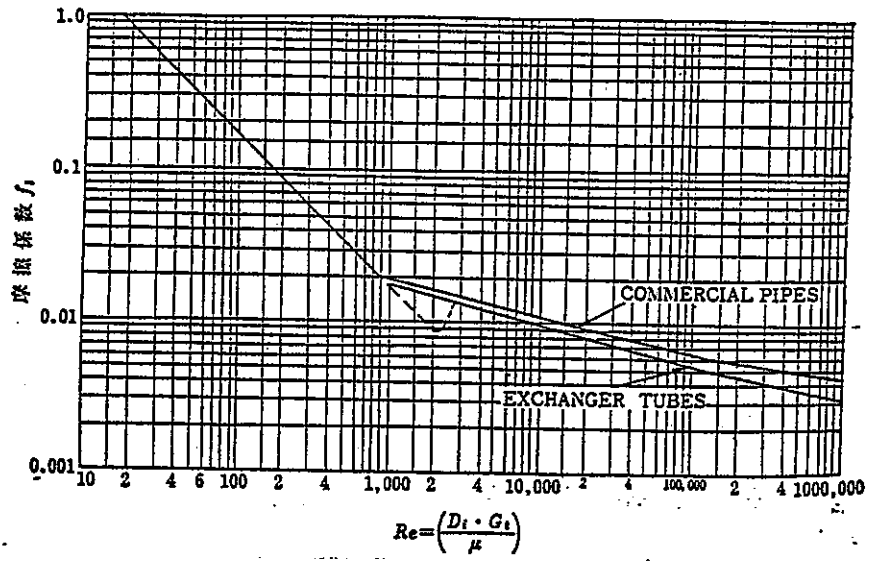


図-6 管内流れの摩擦係数 14)

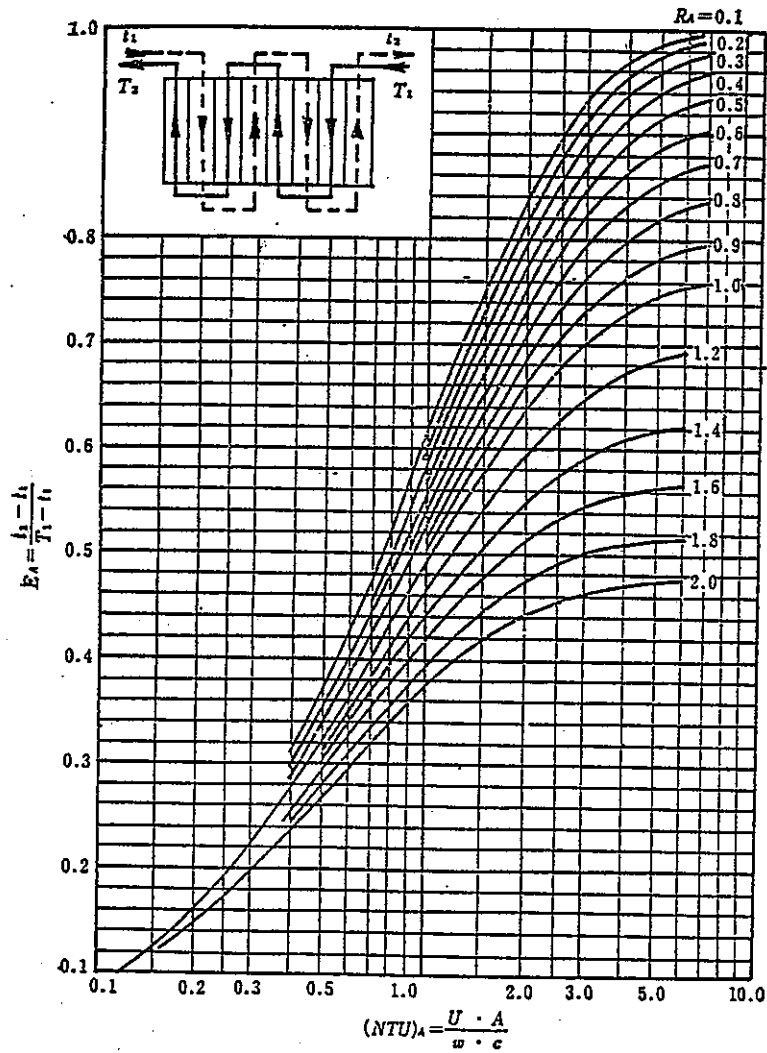


図-7 プレート式熱交換器の温度効率線図 14)

1.4 運 転 要 領

① ヒ ー タ (H1591/H1592)

1系統運転し、他の1系統は予備とする。

ブロワ (K155またはK156)、冷却水ポンプ (P1597またはP1598)及び冷却水ユニット (H1595またはH1596)が運転中である時のみヒータは起動する。その他の場合にはヒータは停止する。

TICO+1591-2, TICO+1592-2によりヒータ出口温度を設定する。

ヒータエレメント表面温度 (TIA+1591-1, TIA+1592-1)が550℃になった場合及びヒータ出口温度 (TA+1591-2, TA+1592-2)が160℃以上または50℃以下になった場合には、警報が吹鳴する。また、ヒータ出口温度 (TICO+1591-2, TICO+1592-2)が160℃以上になった場合には、ヒータ (H1591, H1592)は停止する。

② ヨウ素除去フィルタ (F1571/F1572)

1系統運転し、他の1系統は予備とする。

③ ク ー ラ (H1593)

クーラ出口温度 (TIA+1593-1) が50℃以上になった場合には、警報が吹鳴する。

④ ブ ロ ワ (K155/K156)

常時1台連続運転し、他の1台は待機する。すなわち、2台のブロワの入口、出口のバルブは、すべて開としておき、1台のブロワが停止した場合には、他の1台が自動的に起動する。

万一、2台共ブロワが停止した場合はヒータ (H1591, H1592) は停止する。

⑤ 冷却水クーラ (H1594)

一次冷却水出口温度 (TIA+1594-1) が40℃以上になった場合及び二次冷却水出口温度 (TIA+1594-4) が35℃以上になった場合には、警報が吹鳴する。

⑥ 冷却水ユニット (H1595/H1596)

1台運転し、1台予備とする。

二次冷却水は、工業用水 (TWA)ラインより供給される。また、二次冷却水の出口温度は5～30℃の範囲で設定できる。

2台共に停止した場合にはヒータ (H1591/H1592) は停止する。

⑦ 冷却水ポンプ (P1597/P1598)


常時1台連続運転し、他の1台は待機する。すなわち、2台のポンプの入口、出口のバルブは、すべて開としておき、1台のポンプが停止した場合には、他の1台は自動的に起動する。

一次冷却水は、工業用水ラインより起動前に供給される。

万一、2台共にポンプが停止した場合には、ヒータ (H1591/H1592)は停止する。

2. 機器, 配管設備設計

2.1 機器リスト	表 - 8
2.2 機器外形図	
① ヒーター	図 - 7
② ヨウ素除去フィルタ	図 - 8
③ AgXフィルタエレメント	図 - 9
④ クーラ	図 - 10
⑤ プロワ	図 - 11
⑥ 冷却水クーラ	図 - 12
⑦ 冷却水ポンプ	図 - 13
⑧ 冷却水ユニット	図 - 14
2.3 機器配置図	図 - 15
2.4 ラインナンバーリスト	表 - 9
2.5 バルブリスト	表 - 10
2.6 配管図	図 - 16

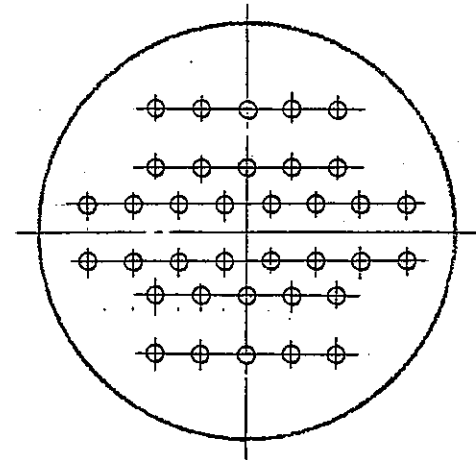
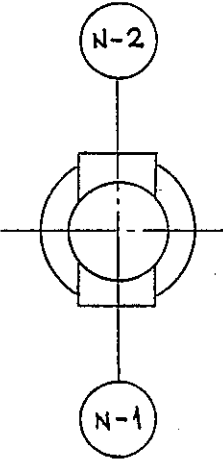
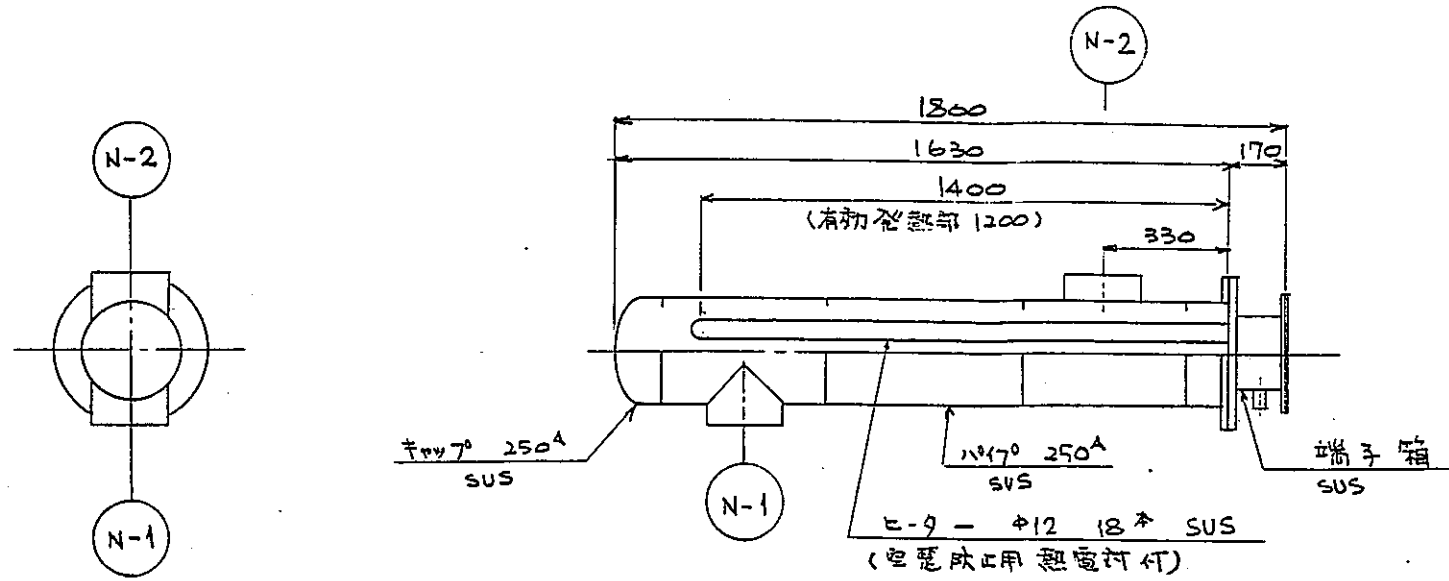
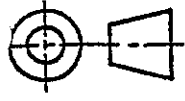
JOB NO.	P90332	KOBELCO  KOBE STEEL, LTD.		DATE		SHEET NO.	1/2
E/O NO.	86-61004-0	表-11 EQUIPMENT LIST FOR		ヨウ素除去装置の 効率化プロセス			
EQUIP.No.	DESIGNATION	CATEGORY OF SUPPLY	REQ'D No.	SPECIFICATION	ATTACHMENT	KEY MAT'L	MOTOR SPEC.
307H1591	ヒータ		1	ヒータ ヒータ エLEMENT φ12 x 18本 250A x L1800 , 電気容量 20kW	保温材 42kg	SUS304	
307H1592	ヒータ		1	ヒータ ヒータ エLEMENT φ12 x 18本 250A x L1800 , 電気容量 20kW	保温材 42kg	SUS304	
307F1571	ヨウ素除去フィルタ (常用)		1	L1700 x W700 x H2385 ケーシング重量 880kg , フィルタ重量 940kg	AgXフィルタ 12 保温材 360kg	SUS304	既設
307F1572	ヨウ素除去フィルタ (予備)		1	L1700 x W700 x H2385 ケーシング重量 880kg , フィルタ重量 940kg	AgXフィルタ 12 保温材 360kg	SUS304	
—	AgXフィルタELEMENT		30	L610 x W305 x H400 バンド厚 ± 50mm , 重量 78kg		※ SUS304	標準品
307H1593	クーラ		1	Uチューブ型多管式熱交換器, Uチューブ 40本 300A x L2000 , 重量 500kg		SUS304	
307H1594	冷却水クーラ		1	プレート式熱交換器, プレート15枚 L400 x W480 x H880 , 重量 130kg		プレート SS41 プレート SUS304	

JOB NO.	P90332	  KOBE STEEL, LTD.	DATE		SHEET NO.
E/O NO.	86-61004-0		表-11 EQUIPMENT LIST FOR ヨウ素除去装置の 効率化プロセス		

EQUIP.No.	DESIGNATION	CATEGORY OF SUPPLY	REQ'D No.	SPECIFICATION	ATTACHMENT	KEY MAT'L	MOTOR SPEC.
307P1597	冷却水ポンプ		1	モーターポンプ L220 x W330 x H335, 重量 50kg		SUS304	0.75 kW
307P1598	冷却水ポンプ		1	モーターポンプ L220 x W330 x H335, 重量 50kg		SUS304	0.75kW
307H1595	冷却水ユニット		1	循環式液体用冷却装置 L1070 x W1200 x H1900, 重量 580 kg	ポンプ内蔵	SUS304	
307H1596	冷却水ユニット		1	循環式液体用冷却装置 L1070 x W1200 x H1900, 重量 580 kg	ポンプ内蔵	SUS304	
307K155	ブロワ		1	L1300 x W920 x H750 風量 350 m ³ /h 静圧 675 mmA _g		モーター FC20 接続部 SUS304	2.2 kW
307K156	ブロワ		1	L1300 x W920 x H750 風量 350 m ³ /h 静圧 675 mmA _g		モーター FC20 接続部 SUS304	2.2 kW

- 96 -
FB-M71-005E(1/1)-8401

3RD ANGLE PROJECTION



ヒータ - 配置図

仕様			
型式	ヒータφ12-7"型		
	胴(ヒータ)側	管(φ12-7")側	
運転条件	流体	排気処理ガス	-
	流量	350 m ³ /h	-
寸法	口径	40	-
	口径	150 (MAX)	-
	圧力	-100 mmHg	-
材質	SUS	SUS	SUS
寸法	外径 φ267.4 (10B)	外径 12"	

管台表

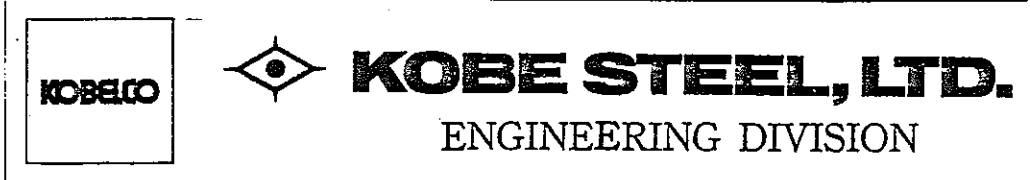
ノズル番号	口径	流体名
N-1	200A	ガス入口
N-2	200A	ガス出口

FG-D10-004E(A)(1)-8601

配布先	部数
P 調達	
P 検査	
土 建	
計 電	

REV. NO.	REVISION NOTE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVIEWED
D		19	/	/	/
C		19	/	/	/
B		19	/	/	/
A		19	/	/	/
○		3.7 1986	可合 8/20	福岡	/

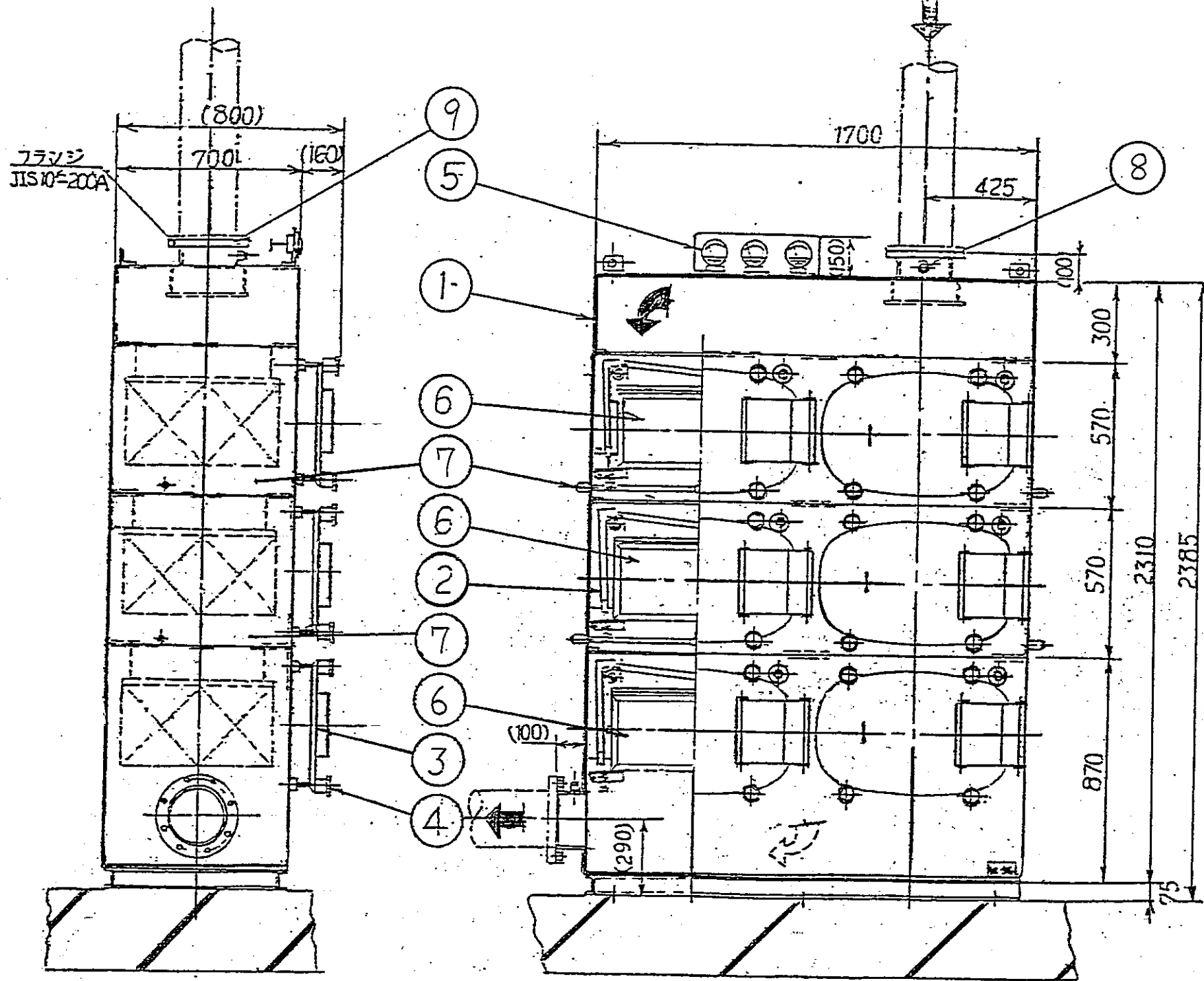
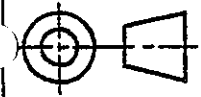
SCALE	1/20 1/5
ISSUED BY	エンジニアリング事業部 原子力部
O. NO.	86-61004-0
T. NO.	3-



THE DRAWING(S) AND THE INFORMATION CONTAINED HEREIN ARE THE PROPERTY OF KOBE STEEL, LTD. THEY SHALL NOT BE DISCLOSED, REPRODUCED OR USED IN ANY MANNER WITHOUT THE PRIOR WRITTEN CONSENT OF KOBE STEEL, LTD.

TITLE			
図 - 8 ヒータ (307H1591, H1592) 機器外形図			
JOB NO.	AREA	DRAWING NO.	REV.
P 9 0 3 3 2	7 E 5	D	○

3RD ANGLE
PROJECTION



品番	品名	材質	数量	備考
9	フランジ	SUS 304	2	JIS 10 ^K 200A
8	サンプリングパイプ	SUS 304	2	25Aソケット
7	サンプリングパイプ	SUS 304 TP	8	20Aソケット ソケット取付
6	AgX フィルタ	AgX SUS 材	12	支給品
5	差圧計	市販	3	0~100 mmHg
4	ポートカバー 締付ハンドル	プラスチック SUS 304	24	
3	ポートカバー	SUS 304	6	t3
2	フィルタ 締付装置	SUS 304	6	
1	ケーシング	SUS 304	1	t3

FG-D10-004EA(1)-8601

配布先	部数
P 調達	
P 検査	
土 建	
計 電	



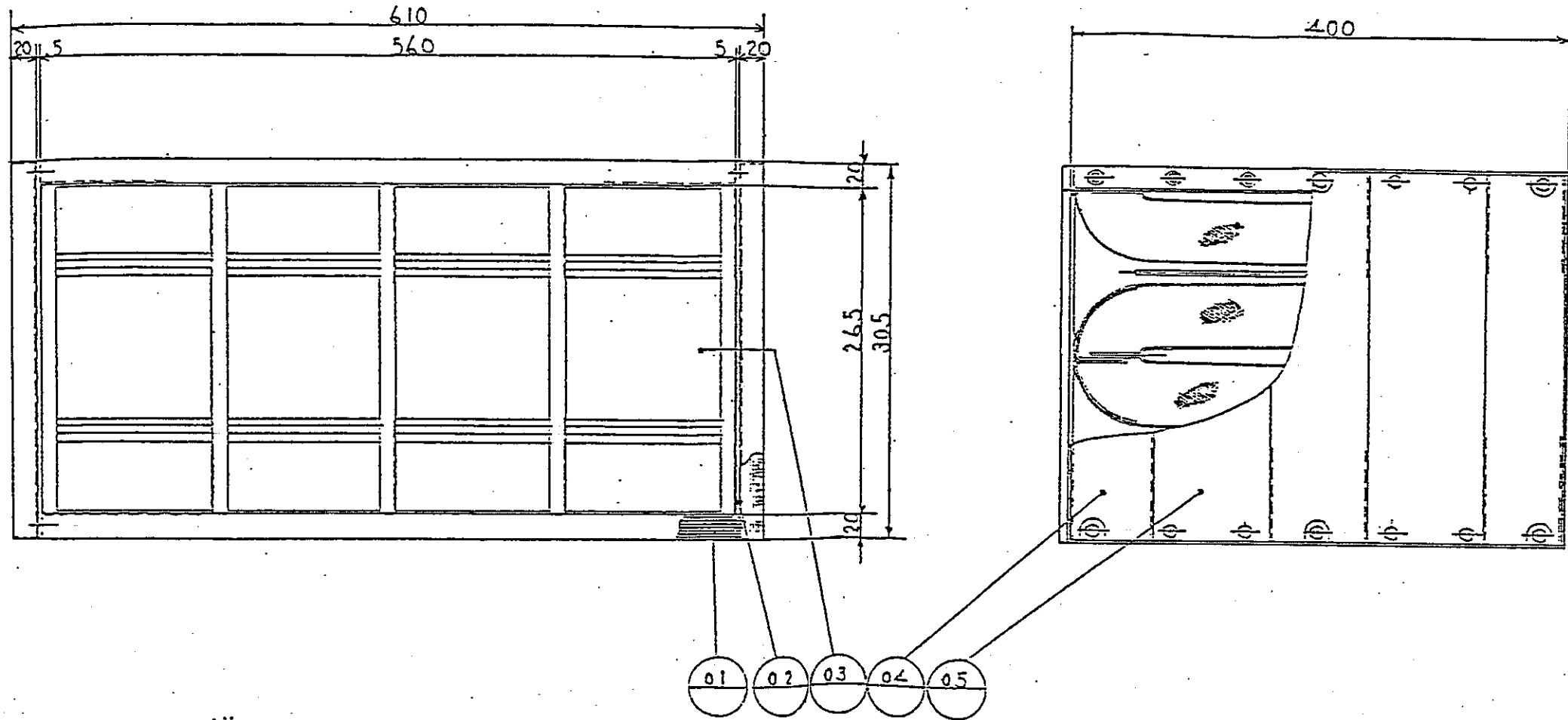
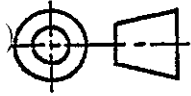
THE DRAWING(S) AND THE INFORMATION CONTAINED HEREIN ARE THE PROPERTY OF KOBELCO STEEL, LTD. THEY SHALL NOT BE DISCLOSED, REPRODUCED OR USED IN ANY MANNER WITHOUT THE PRIOR WRITTEN CONSENT OF KOBELCO STEEL, LTD.

TITLE			
図 - 9 ヨウ素除去フィルタ (307F1572) 機器外形図			
JOB NO.	AREA	DRAWING NO.	REV.
P 9 0 3 3 2 7 E 5 D		-	◇

REV. NO.	REVISION NOTE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVIEWED	T. NO.
◇		19	/	/	/	SCALE 1/20
◇		19	/	/	/	ISSUED BY エンジニアリング事業部 原子力部
◇		19	/	/	/	O. NO. 86-61004-0
◇		19	/	/	/	T. NO. 3-
◇		4.10 1986	河合 9/10	福田	/	
		ENGINEERING DEPARTMENT				

承認	
合計	

3RD ANGLE
PROJECTION



仕様

1. 型式 T-8W SUS
2. 定格風量 5.8 m³/min
3. 圧力損失 35 mm Aq
4. 使用部材
 - 01: ナット ショックアブソーバ
 - 02: シールパッド ショックアブソーバ
 - 03: パンチングメタル SUS 304
 - 04: フィルターエレメント
 - 05: 171-L 補強 SUS 304
5. 浄化剤重量 Ag X⁴⁶ kg
6. 総重量 78 kg

FG-D10-004EA(3)-8601

配布先	部数
P 調達	
P 検査	
土 建	
計 電	

承認
合計

◇D		19	/	/	/	/	/	/	/
◇C		19	/	/	/	/	/	/	/
◇B		19	/	/	/	/	/	/	/
◇A		19	/	/	/	/	/	/	/
◇O		2.25 1986	町合	8/25	福留	/	/	/	/
REV. NO.	REVISION NOTE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVIEWED	ENGINEERING DEPARTMENT			

SCALE	1/4
ISSUED BY	エンジニアリング事業部 原子力部
O. NO.	86-61004-0
T. NO.	3-

KOBELCO **KOBE STEEL, LTD.**
ENGINEERING DIVISION

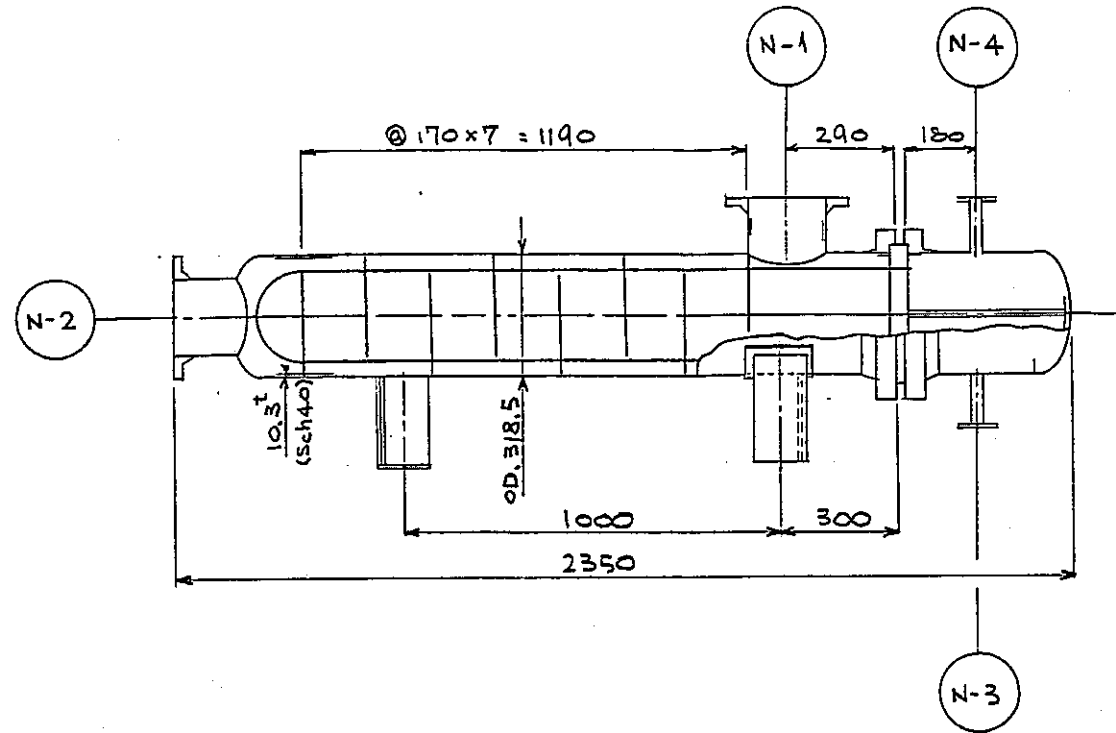
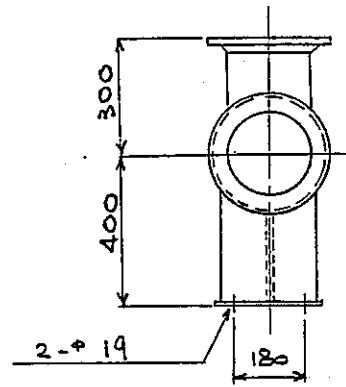
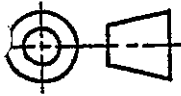
THE DRAWING(S) AND THE INFORMATION CONTAINED HEREIN ARE THE PROPERTY OF KOBE STEEL, LTD. THEY SHALL NOT BE DISCLOSED, REPRODUCED OR USED IN ANY MANNER WITHOUT THE PRIOR WRITTEN CONSENT OF KOBE STEEL, LTD.

TITLE

図-10 Ag X フィルタエレメント
機器外形図

JOB NO.	AREA	DRAWING NO.	REV.
P 9 0 3 3 2	7 E 5 D	-	◇C

3RD ANGLE
PROJECTION



仕様			
型式	シールア=7"型		
交換熱量 (kcal/h)	1.09 x 10 ⁴		
伝熱面積 (m ²)	7.64 (phi 19 x 80 ²)		
	胴 (シール) 側	管 (7") 側	
寸法 (mm)	外径 phi 318.5 (12B)	外径 19mm 内径 15mm	
運転条件	流体	排炭処理ガス	冷却水
	流量	350 m ³ /h	2.2 m ³ /h
温度 (°C)	入口	150 (MAX)	30
	出口	40	35
圧力	ガス圧 - 675 mmHg	3 kg/cm ² G	
設計条件	圧力	設計圧 - 0.1 kg/cm ² G	10 kg/cm ² G
	温度 (°C)	150	50
材質	SUS	SUS	

管台表

ノズル番号	サイズ	管径規格	流体名
N-1	200A	JIS 10K	ガス入口
N-2	200A		ガス出口
N-3	40A		冷却水入口
N-4	40A	JIS 10K	冷却水出口

FG-D10-004EA(1)-8601

配布先	部数
P 調達	
P 検査	
土 建	
計 電	

REV. NO.	REVISION NOTE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVIEWED
D		19	/	/	/
C		19	/	/	/
B		19	/	/	/
A		19	/	/	/
○		2.5.1986	河合	福田	

SCALE	1/20
ISSUED BY	エンジニアリング事業部 原子力部
O. NO.	86-61004-0
T. NO.	3-

KOBELCO **KOBE STEEL, LTD.**
ENGINEERING DIVISION

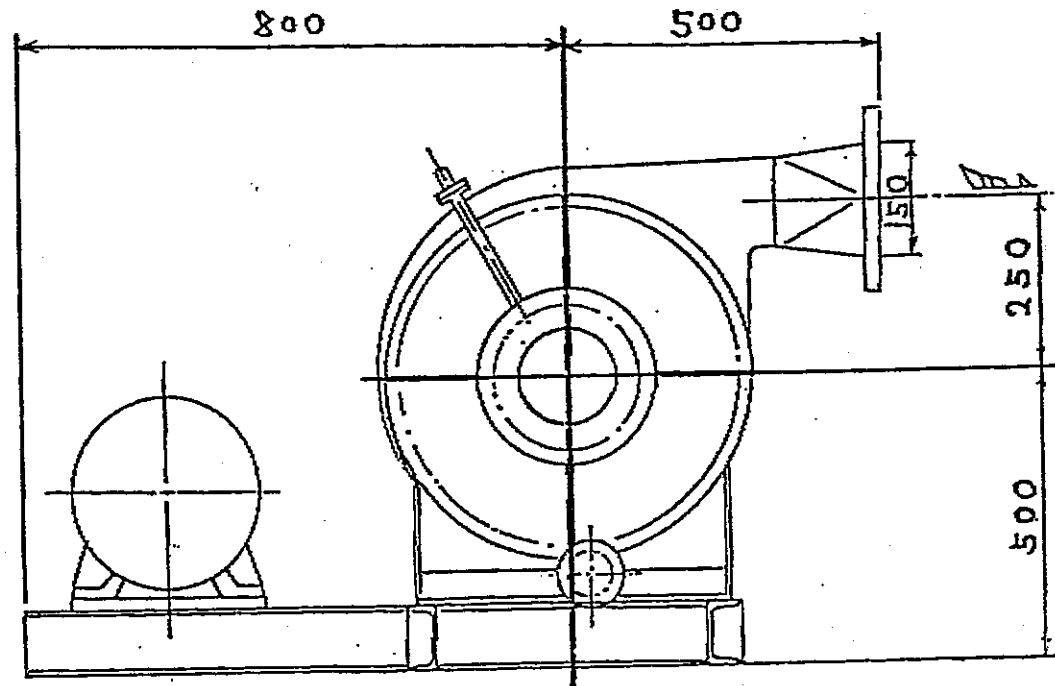
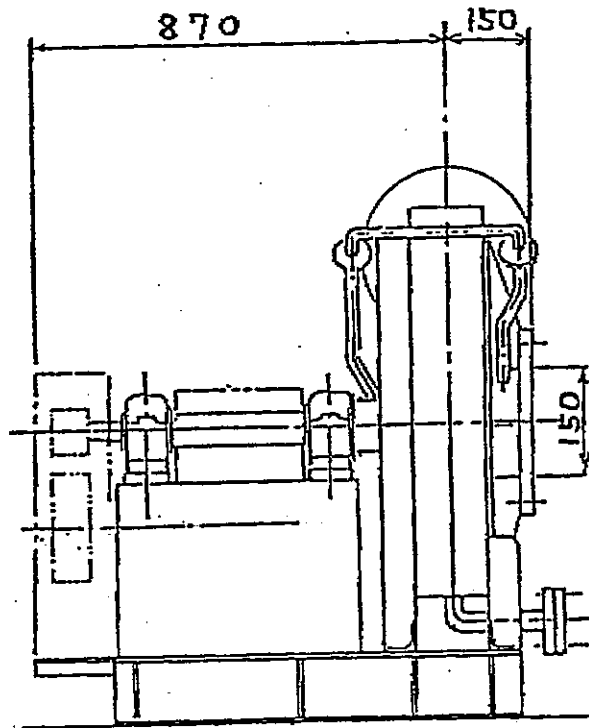
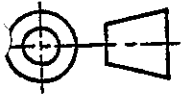
THE DRAWING(S) AND THE INFORMATION CONTAINED HEREIN ARE THE PROPERTY OF KOBE STEEL, LTD. THEY SHALL NOT BE DISCLOSED, REPRODUCED OR USED IN ANY MANNER WITHOUT THE PRIOR WRITTEN CONSENT OF KOBE STEEL, LTD.

TITLE

図-11 クーラ (307H1593)
機器外形図

JOB NO.	AREA	DRAWING NO.	REV.
P 9 0 3 3 2	7 E 5	D	○

3RD ANGLE
PROJECTION



b

FG-D10-004EA(1)-8601

配布先	部数
P 調達	
P 検査	
土 建	
計 電	

承認
合計

◇		19	/	/	/	/	/	/	/
◇		19	/	/	/	/	/	/	/
◇		19	/	/	/	/	/	/	/
◇		19	/	/	/	/	/	/	/
◇		9.10 1986	司令	9/10	福留	/	/	/	/
REV. NO.	REVISION NOTE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVIEWED	ENGINEERING DEPARTMENT			

SCALE	1/15
ISSUED BY	エンジニアリング事業部 原子力部
O. NO.	86-61004-0
T. NO.	3-



KOBE STEEL, LTD.
ENGINEERING DIVISION

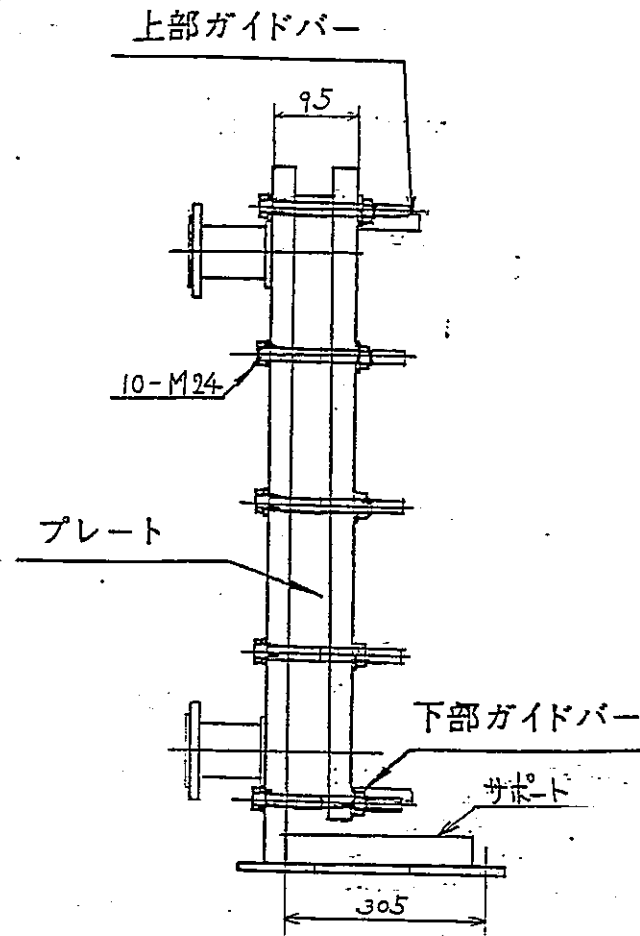
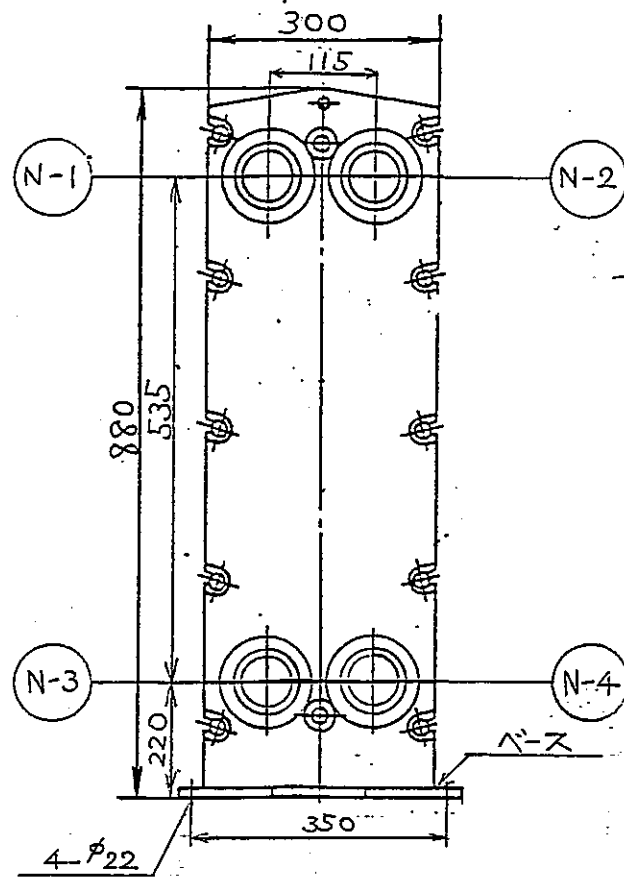
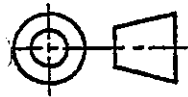
THE DRAWING(S) AND THE INFORMATION CONTAINED HEREIN ARE THE PROPERTY OF KOBE STEEL, LTD. THEY SHALL NOT BE DISCLOSED, REPRODUCED OR USED IN ANY MANNER WITHOUT THE PRIOR WRITTEN CONSENT OF KOBE STEEL, LTD.

TITLE

図-12 ブロワ (307K155, K156)
機器外形図

JOB NO.	AREA	DRAWING NO.	REV.
P 9 0 3 3 2	7 E 5 D	-	◇

3RD ANGLE
PROJECTION



仕様			
型式	70L-ト		
交換熱量 (kcal/h)	1.09 × 10 ⁴		
伝熱面積 (m ²)	1.13 (70L-ト15枚)		
	-次冷却水側	二次冷却水側	
寸法 (mm)	L624 × W204 × t0.6		
運転条件	流体	-次冷却水	二次冷却水
	流量	2.2 m ³ /h	2.2 m ³ /h
	温度 (°C)	入口	35
		出口	30
圧力 (%G)	3	3	
設計条件	圧力 (%G)	10	10
	温度 (°C)	50	40
材質	70L-4 SS41	70L-ト SUS304	



管台表			
ノズル番号	サイズ	7ラジ規格	流体名
N-1	50 ^A	JIS10 ^K	-次冷却水入口
N-2	50 ^A	↑	二次冷却水出口
N-3	50 ^A	↓	-次冷却水出口
N-4	50 ^A	JIS10 ^K	二次冷却水入口

FG-D10-004EA(7)-8601

配布先	部数
P 調達	
P 検査	
土 建	
計 電	

REV. NO.	REVISION NOTE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVIEWED
◇		19	/	/	/
◇		19	/	/	/
◇		19	/	/	/
◇		19	/	/	/
◇		8.25 19&L	訂合 8/25	福 田	

SCALE	1/10
ISSUED BY	エンジニアリング事業部 原子力部
O. NO.	86-61004-0
T. NO.	3-



KOBE STEEL, LTD.
 ENGINEERING DIVISION

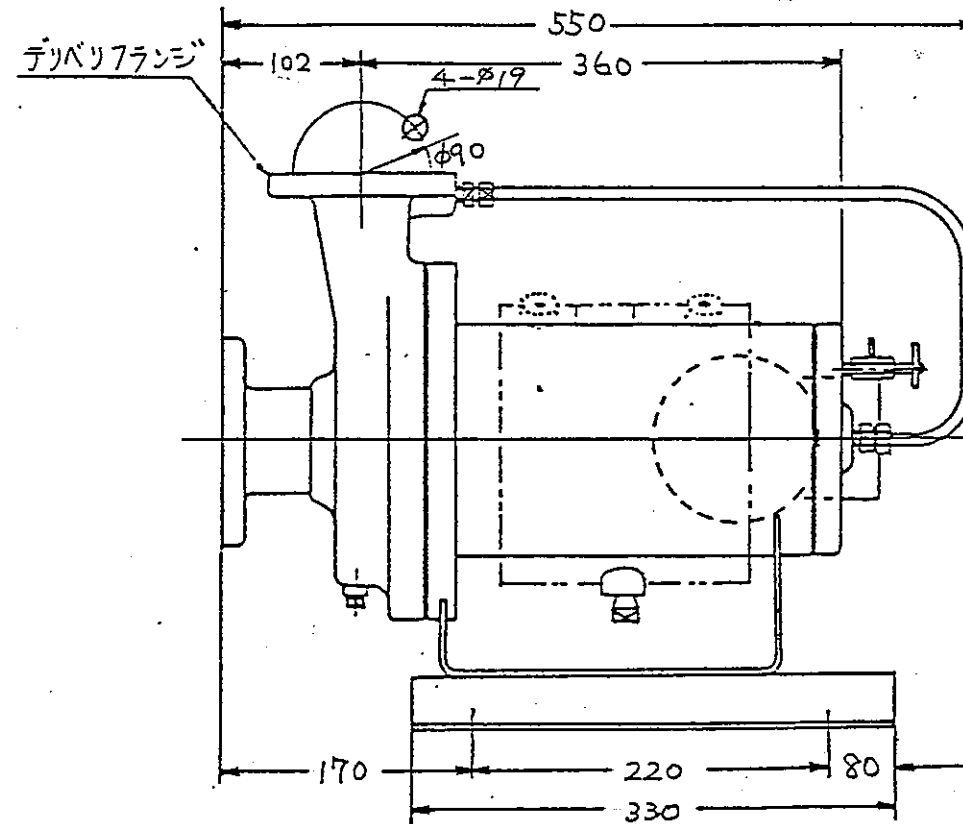
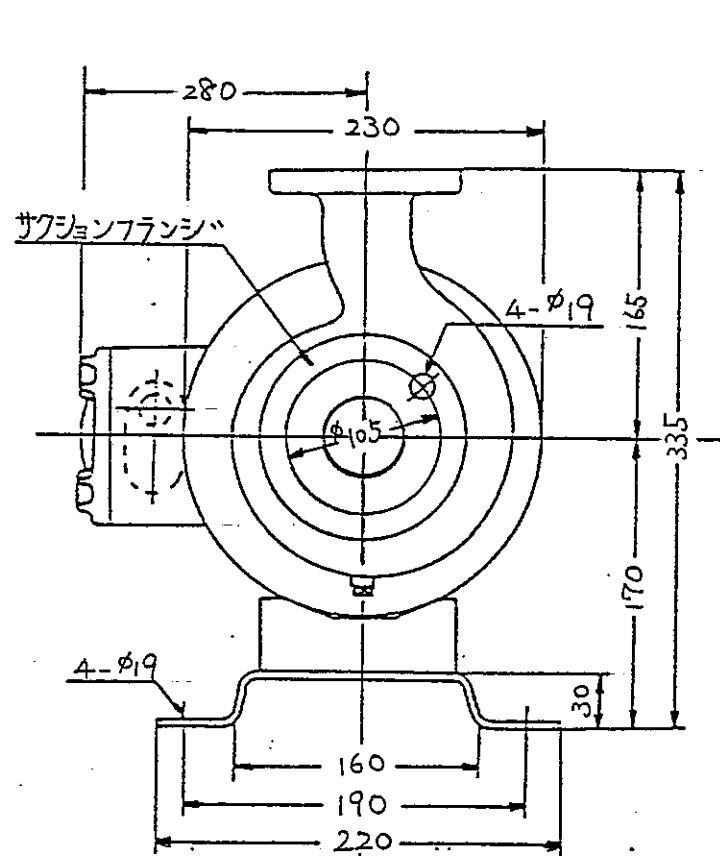
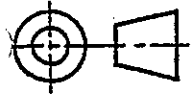
THE DRAWING(S) AND THE INFORMATION CONTAINED HEREIN ARE THE PROPERTY OF KOBE STEEL, LTD. THEY SHALL NOT BE DISCLOSED, REPRODUCED OR USED IN ANY MANNER WITHOUT THE PRIOR WRITTEN CONSENT OF KOBE STEEL, LTD.

TITLE

図-13 冷却水クーラ (307H1594)
機器外形図

JOB NO.	AREA	DRAWING NO.	REV.
P 9 0 3 3 2 7 E 5 D			◇

3RD ANGLE
PROJECTION



FG-D10-004EA(1)-8601

配布先	部数
P 調達	
P 検査	
土 建	
計 電	



KOBE STEEL, LTD.
ENGINEERING DIVISION

THE DRAWING(S) AND THE INFORMATION CONTAINED HEREIN ARE THE PROPERTY OF KOBE STEEL, LTD. THEY SHALL NOT BE DISCLOSED, REPRODUCED OR USED IN ANY MANNER WITHOUT THE PRIOR WRITTEN CONSENT OF KOBE STEEL, LTD.

TITLE

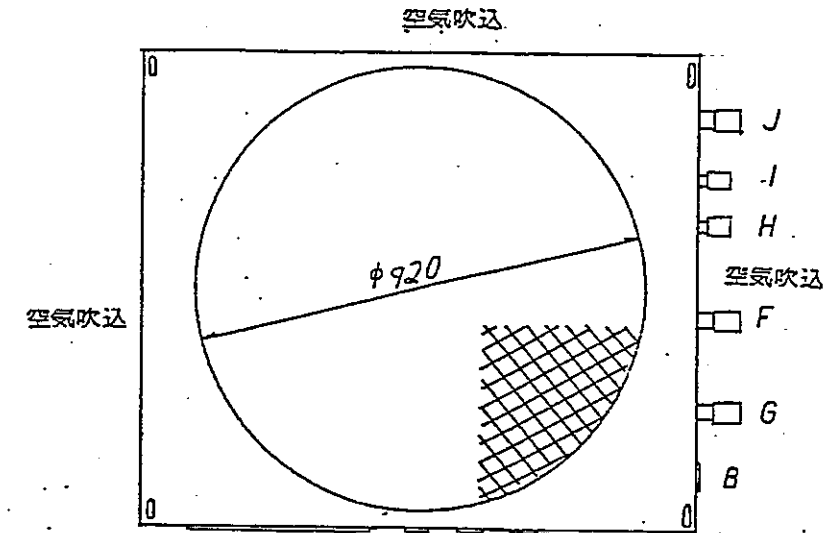
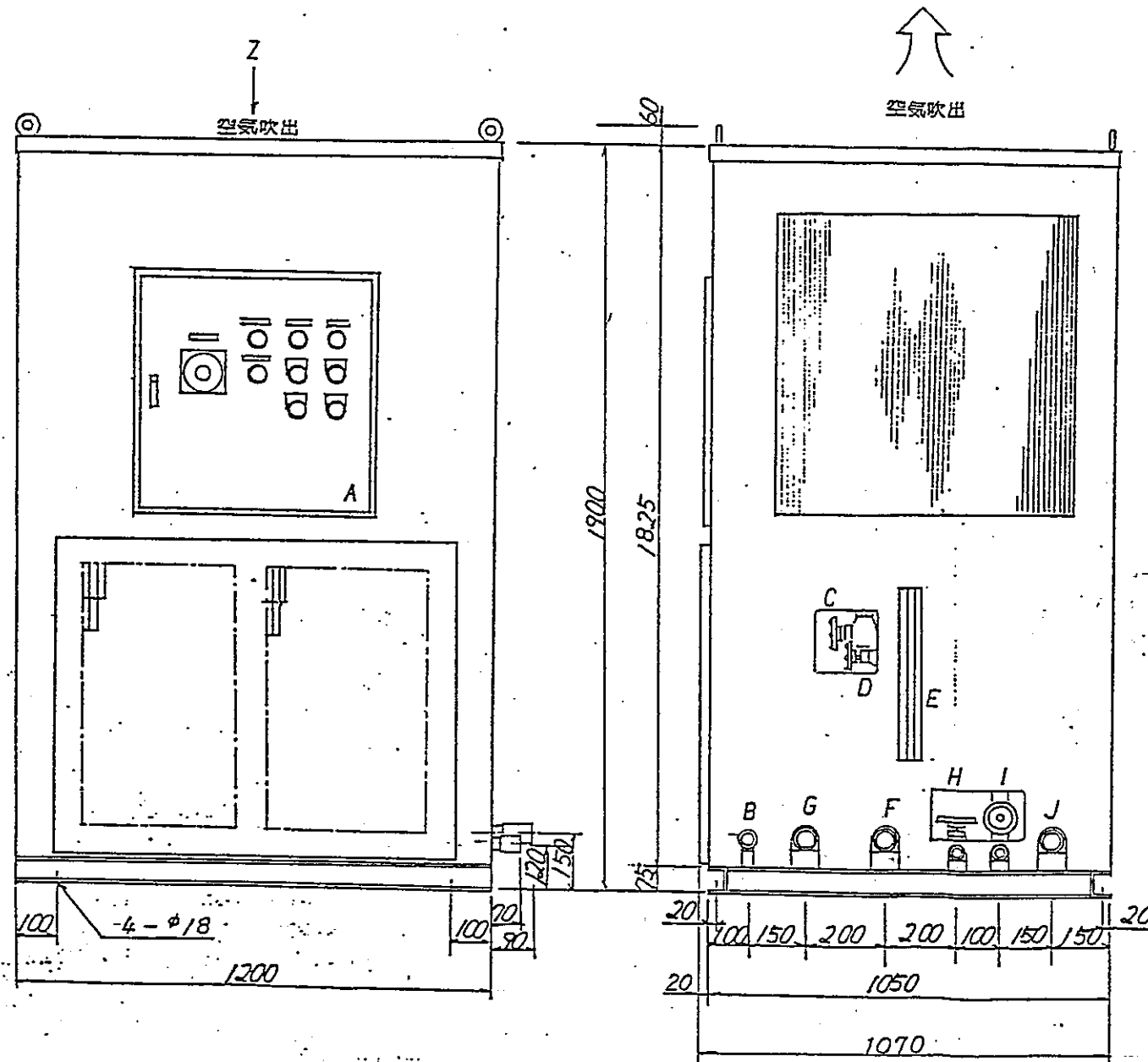
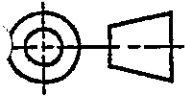
図 - 14
冷却水ポンプ (307H1597, H1598)
機器外形図

◇		19	/	/	/	/	/	/	/	SCALE
◇		19	/	/	/	/	/	/	/	1/5
◇		19	/	/	/	/	/	/	/	ISSUED BY
◇		19	/	/	/	/	/	/	/	エンジニアリング事業部 原子力部
◇		19	/	/	/	/	/	/	/	O. NO.
◇		8.25 1986	河合	8/25	福田	/	/	/	/	86-61004-0
REV. NO.	REVISION NOTE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVIEWED	ENGINEERING DEPARTMENT				T. NO.
										3-

JOB NO.	AREA	DRAWING NO.	REV.
P90332	7 E 5	D	-

承認
合計

3RD ANGLE
PROJECTION



正面側

Z から見る

記号	名称
A	操作盤
B	電源孔
C	バイパスバルブ
D	コントロールバルブ
E	液面計
F	冷水出口 1 1/4 B
G	冷水入口 1 1/4 B
H	ドレーン口 1/2 B
I	給水口 1/2 B
J	オーバーフロー口 1 1/4 B

FG-D10-004EA(4)-8601

配布先	部数
P 調達	
P 検査	
士 建	
計 電	



KOBE STEEL, LTD.
ENGINEERING DIVISION

THE DRAWING(S) AND THE INFORMATION CONTAINED HEREIN ARE THE PROPERTY OF KOBE STEEL, LTD. THEY SHALL NOT BE DISCLOSED, REPRODUCED OR USED IN ANY MANNER WITHOUT THE PRIOR WRITTEN CONSENT OF KOBE STEEL, LTD.

TITLE

図 - 15
冷却水ユニット (307H1595, H1596)
機器外形図

REV. NO.	REVISION NOTE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVIEWED
◇		19	/	/	/
◇		19	/	/	/
◇		19	/	/	/
◇		19	/	/	/
◇		8.25 1986 河合	8.25 福留	/	/

ENGINEERING DEPARTMENT

SCALE

1/16

ISSUED BY

エンジニアリング事業部
原子力部

O. NO.

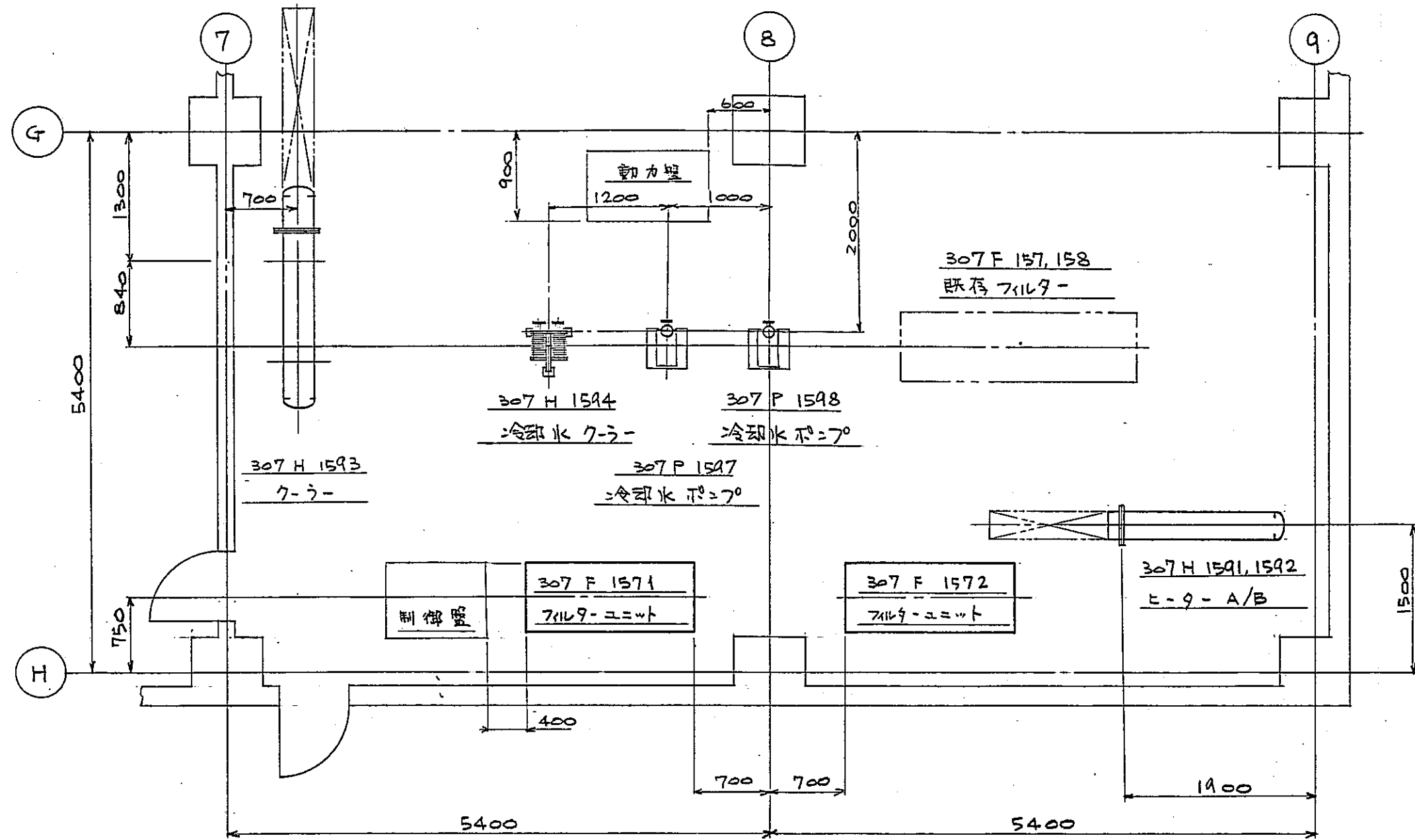
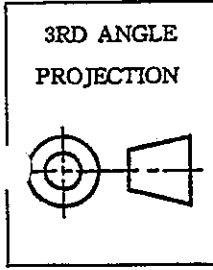
86-61004-0

T. NO.

3-

JOB NO.	AREA	DRAWING NO.	REV.
P90332	7 E E	D	◇

承認
合計



FG-D10-004E(A)(1)8601

配布先	部数
P 調達	
P 検査	
土 建	
計 電	

承認	
合計	

◇		19	/	/	/	/	/	/	/	
◇		19	/	/	/	/	/	/	/	
◇		19	/	/	/	/	/	/	/	
◇		19	/	/	/	/	/	/	/	
◇		9.1 1986	坂合	9/1	福田	/	/	/	/	
REV. NO.	REVISION NOTE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED			REVIEWED			
ENGINEERING DEPARTMENT										

SCALE	1/50
ISSUED BY	エンジニアリング事業部 原子力部
O. NO.	86-61004-0
T. NO.	3-

KOBELCO **KOBE STEEL, LTD.**
ENGINEERING DIVISION

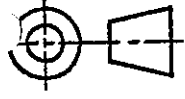
THE DRAWING(S) AND THE INFORMATION CONTAINED HEREIN ARE THE PROPERTY OF KOBE STEEL, LTD. THEY SHALL NOT BE DISCLOSED, REPRODUCED OR USED IN ANY MANNER WITHOUT THE PRIOR WRITTEN CONSENT OF KOBE STEEL, LTD.

TITLE

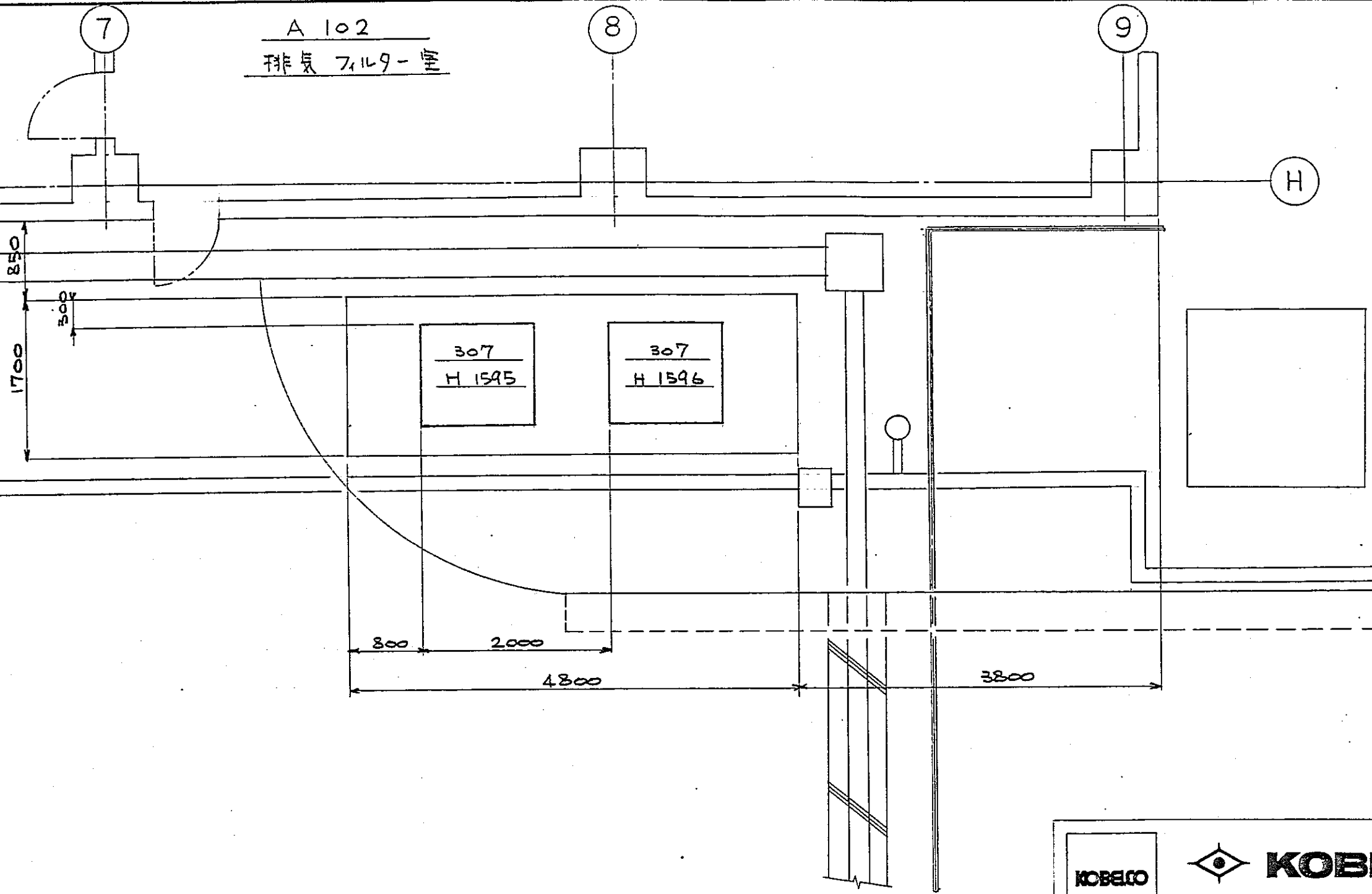
図 - 16 機器配置図 (1/2)

JOB NO.	AREA	DRAWING NO.	REV.
P90332	7 E 5 D	-	0

3RD ANGLE
PROJECTION



A 102
排気フィルタ



FG-D10-004EA(1)-8601

配布先	部数
P 調達	
P 検査	
土 建	
計 電	

KOBELCO  **KOBE STEEL, LTD.**
ENGINEERING DIVISION

THE DRAWING(S) AND THE INFORMATION CONTAINED HEREIN ARE THE PROPERTY OF KOBE STEEL, LTD. THEY SHALL NOT BE DISCLOSED, REPRODUCED OR USED IN ANY MANNER WITHOUT THE PRIOR WRITTEN CONSENT OF KOBE STEEL, LTD.

TITLE

図 - 16 機器配置図 (2/2)

◇		19	/	/	/	/	/	/	/	/
◇		19	/	/	/	/	/	/	/	/
◇		19	/	/	/	/	/	/	/	/
◇		19	/	/	/	/	/	/	/	/
◇		8.25 1986	河合	8/25	福留	/	/	/	/	/
REV. NO.	REVISION NOTE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVIEWED	ENGINEERING DEPARTMENT				

SCALE
1/50

ISSUED BY
エンジニアリング事業部
原 子 力 部

O. NO.
86-61004-0

T. NO.
3-

JOB NO.	AREA	DRAWING NO.	REV.
P 9 0 3 3 2	7 E 5 D	-	◇

承認
合計

LINE No. LIST (2/3)

PLANT
NAME

SEC. No.

REV. No.	DATE	DESCRIPTION	REV'D. BY	REV. No.	DATE	DESCRIPTION	REV'D. BY

LINE No.	FROM	TO	PIPE MATERIAL	INSULATION		FLUID NAME OR SYMBOL	OPERATING (MAX.)		TEST PRESS. kg/cm ² G		X-RAY %	STRESS RELIEF	REMARKS
				MARK	mm		TEMP. °C	PRESS. kg/cm ² G	HYDRO.	PNEUM.			
307 cWa 1501 25 D5	307 H 1595	307 H 1594	C.S	-	-	CWa	20	3					
307 cWa 1502 25	307 H 1596	307 cWa 1501 25 D5		-	-		20						
307 cWa 1503 40	307 H 1594	307 P 1597		-	-		30						
307 cWa 1504 40	307 cWa 1503 40 D5	307 P 1598		-	-								
307 cWa 1505 40	307 P 1597	307 H 1593		-	-								
307 cWa 1506 40	307 P 1598	307 cWa 1505 40 D5		-	-		30						
307 cWa 1507 40	307 H 1593	307 H 1594		-	-		35						
307 cWa 1508 25	307 H 1594	307 H 1595		-	-		25						
307 cWa 1509 25 D5	307 cWa 1508 25 D5	307 H 1596	C.S	-	-	CWa	25	3					

PLANT
NAME

SEC. No.

REV. No.	DATE	DESCRIPTION	REV'D. BY	REV. No.	DATE	DESCRIPTION	REV'D. BY

LINE No.	FROM	—	TO	PIPE MATERIAL	INSULATION		FLUID NAME OR SYMBOL	OPERATING (MAX.)		TEST PRESS. kg/cm ² G		X-RAY %	STRESS RELIEF	REMARKS
					MARK	mm		TEMP. °C	PRESS. kg/cm ² G	HYDRO.	PNEUM.			
307 Twa 1501 25 D5	工業用水既設取合	—	307 H 1595	C.S	—	—	Twa							
307 Twa 1502 25	↑	307 Twa 1501 25 D5	—	307 H 1596	—	—	↑							
307 Twa 1503 15	↓	307 H 1595	—	FLN	—	—	↓							
307 Twa 1504 15 D5		307 H 1596	—	C.S	—	—	Twa							
		—												
		—												
		—												
		—												
		—												
		—												
		—												
		—												
		—												
		—												
		—												
		—												
		—												
		—												
		—												
		—												
		—												
		—												
		—												
		—												
		—												
		—												
		—												
		—												
		—												
		—												

表-13 VALVE LIST (1/5)

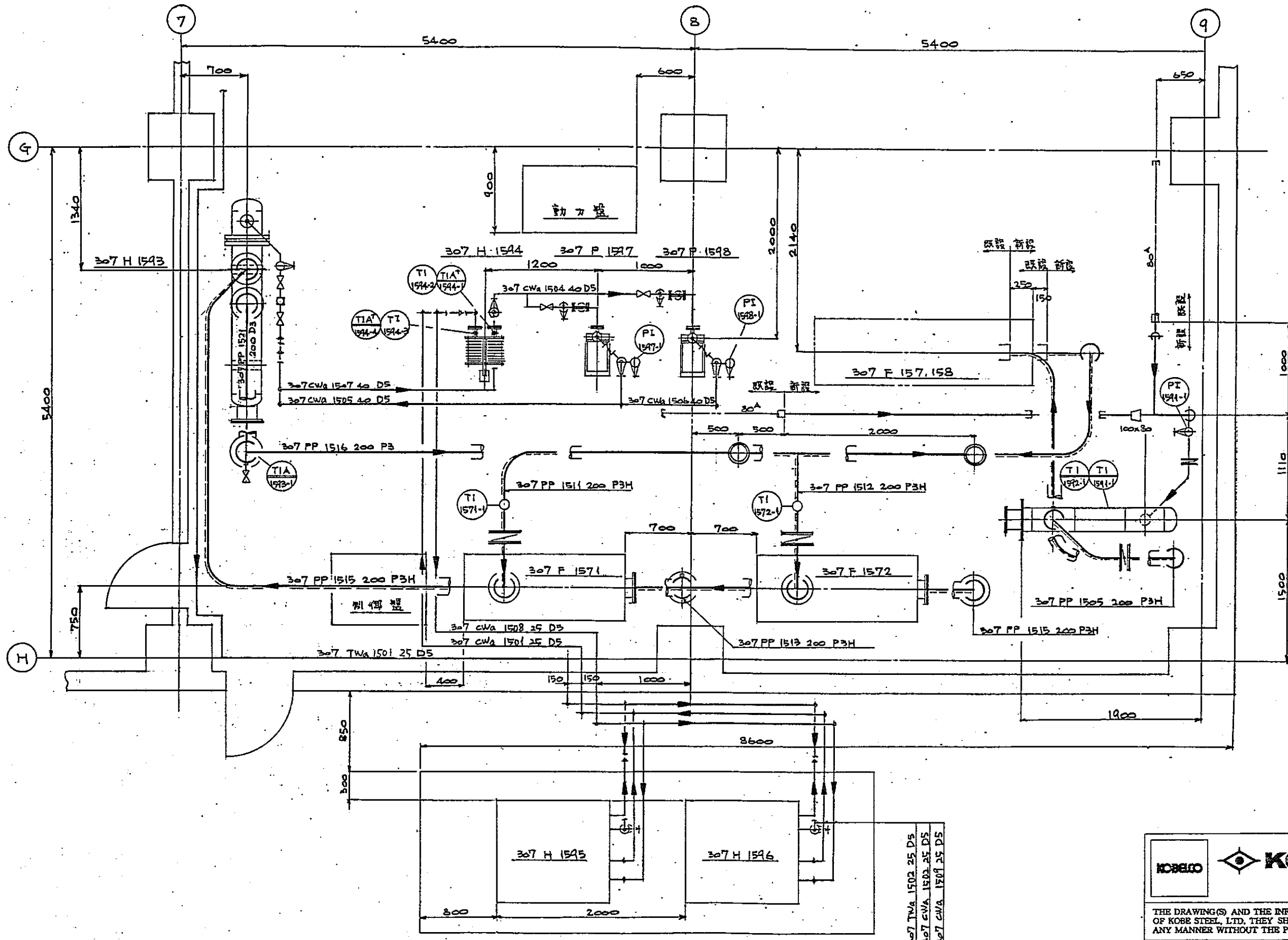
VALVE NO.	使用元	型式	寸法 (A)	レ-テ-ィ-グ	弁材質	設計条件			運転条件		保温	接続 形式	耐圧試験		弁寸法		備考
						圧力 kg/cm ² G	温度 °C	流体	圧力 kg/cm ² G	温度 °C			弁箱 kg/cm ² G	弁座 kg/cm ² G	面間	ハンドル 高さ	
DA-51	307 H 1591 入口弁	バタフライ	100	JIS 10 ^K	SUS			塵芥ス	常圧	40	-	サドウイフ					(新設)
DA-52	307 H 1592 入口弁	↑	↑	↑	↑			↑	常圧	40	-	↑					↑
DA-53	307 H 1591 出口弁	↓	↓	↓	↓			↓	-70 ^{mmHg}	150	有	↓					↓
DA-54	307 H 1592 出口弁	バタフライ	100	JIS 10 ^K	SUS			塵芥ス	-70 ^{mmHg}	150	有	サドウイフ					(新設)
DA-2	307 F 157 入口弁	バタフライ	200	JIS 10 ^K	SUS			塵芥ス	-70 ^{mmHg}	150	有	サドウイフ					(既設転用)
↑ -3	307 F 158 入口弁	↑	↑	↑	↑			↑	-70 ^{mmHg}	↑	↑	↑					↑
-4	307 F 157 出口弁								-120 ^{mmHg}								
-5	307 F 158 出口弁								↑								
-7	307 F 1571 入口弁								↓								
-8	307 F 1572 入口弁								-120 ^{mmHg}								
-9	307 F 1571 出口弁								-270 ^{mmHg}								
-10	307 F 1572 出口弁								↑								(既設転用)
-11	307 H 1593 入口弁	↓	↓	↓	↓				-275 ^{mmHg}	150	有	↓					(新設)
-12	307 H 1593 出口弁	バタフライ	200	JIS 10 ^K	SUS				-675 ^{mmHg}	40	-	サドウイフ					(新設)
-13	307 K 155 入口弁								↑	↑	-						(既設転用)
-14	307 K 156 入口弁								↓		-						↑
-15	307 K 155 出口弁								常圧		-						↓
↓ -16	307 K 156 出口弁								常圧	↓	-						(既設転用)
DA-17	307 H 1593 バイパス弁	バタフライ	200	JIS 10 ^K	SUS			塵芥ス	-675 ^{mmHg}	40	-	サドウイフ					(新設)

表-13 VALVE LIST (3/5)

VALVE NO.	使用元	型式	寸法 (A)	L-テイク	弁材質	設計条件			運転条件		保温	接続 形式	耐圧試験		弁寸法		備考
						圧力 kg/cm ² G	温度 °C	流体	圧力 kg/cm ² G	温度 °C			弁箱 kg/cm ² G	弁座 kg/cm ² G	面間	ハンドル 高さ	
GA-51	307 TWA 1501 25 DS 工業用水取合弁	仕切弁	25	JIS 10 ^K	C.S			工業用水			-						(新設)
↑ -52	307 TWA 1501 25 DS ドレン弁	↑	↑	↑	↑			工業用水			-						↑
-53	307 H 1594 二次冷却水入口弁							二次冷却水	3	20	-						
-54	307 H 1594 二次冷却水出口弁							二次冷却水	↑	25	-						
-55	307 H 1594 一次冷却水出口弁		↓					一次冷却水		30	-						
-56	307 H 1594 一次冷却水入口弁		25					↑		35	-						
-57	307 P 1597 吸込弁		40							30	-						
-58	307 cwa 1503 40 DS ドレン弁		15							↑	-						
-59	307 P 1598 吸込弁		40								-						
-60	307 cwa 1504 40 DS ドレン弁		15								-						
-61	307 P 1597 吐合弁		40								-						
-62	307 cwa 1505 40 DS ドレン弁		15								-						
-63	307 P 1598 吐合弁		40								-						
-64	307 cwa 1506 40 DS ドレン弁		15								-						
-65	307 H 1593 入口弁		40								-						
-66	307 cwa 1505 40 DS ドレン弁		15							30	-						
-67	307 H 1593 吐合弁		40		↓					35	-						
↓ -68	307 cwa 1508 40 DS ドレン弁	↓	40	↓	C.S			一次冷却水	3	35	-						↓
GA-69	307 H 1593 ドレン弁	仕切弁	25	JIS 10 ^K	SUS			腐ガス	4.75 ^{MPa}	40	-						(新設)

表-13 VALVE LIST (4/5)

VALVE NO.	使用元	型式	寸法 (A)	L-リング	弁材質	設計条件			運転条件		保温	接続 形式	耐圧試験		弁丁法		備考
						圧力 kg/cm ² G	温度 °C	流体	圧力 kg/cm ² G	温度 °C			弁箱 kg/cm ² G	弁座 kg/cm ² G	面間	ハンドル 高寸	
GL-51	70リットル元弁	玉形弁	10	JIS 10K	SUS			液体	常圧	40	-						(新設)
↑ -52	↑	↑	↑	↑	↑			↑	常圧	↑	-						↑
-53	↓		↓								-						
-54	70リットル元弁		10								-						↓
-55	PI 1591-1 元弁		15						常圧	40	-						(新設)
-56	dPI 1571-1 元弁								-170 mmHg	150	-						(既設フィルター-付属弁)
-57	dPI 1571-1 元弁								-205 mmHg	↑	-						↑
-58	dPI 1571-2 元弁								-205 mmHg		-						
-59	dPI 1571-2 元弁								-240 mmHg		-						
-60	dPI 1571-3 元弁								-240 mmHg		-						
-61	dPI 1571-3 元弁								-275 mmHg		-						(既設フィルター-付属弁)
-62	dPI 1572-1 元弁								-170 mmHg		-						(新設フィルター-付属弁)
-63	dPI 1572-1 元弁								-205 mmHg		-						↑
-64	dPI 1572-2 元弁								-205 mmHg		-						
-65	dPI 1572-2 元弁								-240 mmHg		-						
-66	dPI 1572-3 元弁								-240 mmHg		-						
67	dPI 1572-3 元弁				SUS			液体	-275 mmHg	150	-						(新設フィルター-付属弁)
-68	PI 1597-1 元弁		15		C.S			冷却水	3	30	-						(新設)
↓ -69	PI 1598-1 元弁	↓	15	↓	C.S			冷却水	3	30	-						↑
GL-70	307 cwa 1507 40 DS バット弁	玉形弁	15	JIS 10K	C.S			冷却水	3	35	-						(新設)



(E) 307 H 1591
(F) 307 H 1592

配管先	図
P 調整	
P 調整	
土 庫	
計 算	

FG-D10-003EA(1) 8501

承 配	
合 計	

X 0 1 2 3 4 5 X 0 5 10 15 X 0 5 10 15 20

◇		19	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
◇		19	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
◇		19	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
◇		19	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
◇		19	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
◇		19	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
REV. NO.	REVISION NOTE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVIEWED															
						ENGINEERING DEPARTMENT														

SCALE
1/40
ISSUED BY
エンジニアリング事業部
原子力部
O. NO.
86-61004-0
T. NO.
2-

KOBE STEEL, LTD.
ENGINEERING DIVISION

THE DRAWING(S) AND THE INFORMATION CONTAINED HEREIN ARE THE PROPERTY OF KOBE STEEL, LTD. THEY SHALL NOT BE DISCLOSED, REPRODUCED OR USED IN ANY MANNER WITHOUT THE PRIOR WRITTEN CONSENT OF KOBE STEEL, LTD.

TITLE			
図-17 配管図			
JOB NO.	AREA	DRAWING NO.	REV.
P 90332	7 E 5 D	-	◇

3. 計電装設備設計

3.1 計装品リスト

- ① タグリスト 表-11
- ② プロセスデータリスト 表-12

3.2 インターロックブロック線図 図-17

3.3 制御盤

- ① 外形図 図-18
- ② セミグラフィック図 図-19

3.4 動力盤

- ① 外形図 図-20
- ② 単線結線図 図-21

Tag	Devices	Specifica- tion N'	Identifica- tion N'	Type List Sheet N'	Location	Taps	Erection	Date of invite to bid	Order date	Delivered
PI 1591.1	圧力計 (密閉形)				A 102					
PI 1597.1	圧力計 (密閉形)				A 102					
PI 1598.1	圧力計 (密閉形)				A 102					

Measured variable

P

Sheet N:

2/4

Tag	Devices	Specification N'	Identification N'	Type List Sheet N'	Location	Taps	Erection	Date of invite to bid	Order date	Delivered
dPI 1571.1	差圧計				A 102					
dPI 1571.2	差圧計				A 102					
dPI 1571.3	差圧計				A 102					
dPI 1572.1	差圧計				A 102					
dPI 1572.2	差圧計				A 102					
dPI 1572.3	差圧計				A 102					

KOBELCO


 KOBE STEEL, LTD.
 JAPAN

表-14 INSTRUMENTATION
 TAG LIST



Date: Verif:

Unit
 307


Tag	Devices	Specifica- tion N°	Identifica- tion N°	Type List Sheet N°	Location	Taps	Direction	Date of invite to bid	Order date	Delivered
TA ⁺ 1591.1	警報設定器				A 102					
	温度变换器				A 102					
	熱電対				A 102					
TA [±] 1591.2	警報設定器				A 102					
TICO ⁺ 1591.2	温度調節計				A 102					
	警報設定器				A 102					
	温度变换器				A 102					
	熱電対				A 102					
TA ⁺ 1592.1	警報設定器				A 102					
	温度变换器				A 102					
	熱電対				A 102					
TA [±] 1592.2	警報設定器				A 102					
TICO ⁺ 1592.2	温度調節計				A 102					
	警報設定器				A 102					
	温度变换器				A 102					
	熱電対				A 102					
TI 1571.1	温度指示計				A 102					
TI 1572.1	温度指示計				A 102					

KOBELCO  KOBE STEEL, LTD. JAPAN	表-14 INSTRUMENTATION TAG LIST			-
	Date:	Verif:		Unit 307


Tag	Devices	Specifica- tion N°	Identifica- tion N°	Type List Sheet N°	Location	Taps	Erection	Date of invite to bid	Order date	Delivered
TIA ⁺ 1593.1	温度指示警報計				A 102					
	温度变换器				A 102					
	测温抵抗体				A 102					
TIA ⁺ 1594.1	温度指示警報計				A 102					
	温度变换器				A 102					
	测温抵抗体				A 102					
TI 1594.2	温度指示計				A 102					
TI 1594.3	温度指示計				A 102					
TIA ⁺ 1594.4	温度指示警報計				A 102					
	温度变换器				A 102					
	测温抵抗体				A 102					

 KOBELCO  KOBE STEEL, LTD. JAPAN	表-14 INSTRUMENTATION TAG LIST		-	
	Date:	Verif:	Unit	307

1 Tag	2 Device	3 Fluid (流体)	4 *Temperature °C (温度)			5 *Gauge Pressure kg/cm ² (圧力)			6 Density kg/m ³ (密度)			7 Viscosity at norm oper.conds m ² /s (粘度)	8 Fluid Activity		9 Measured Variable			10 Switch Values	11 Allowed Pressure Drop or Maxiflow	12 Valve position Without supply	13 Materials of Process Pipes or Vessels	14 Orders			
			Min	Norm	Max	Min	Norm	Max	Min	Norm	Max		Nature C B Y N	Accuracy % max	Unit	Min	Norm					Max	Nature of open or closed	To	
DPI 1572.3	差圧計	空気		80	150		-100 mmAg		1.15	0.98	0.82	2.13×10 ⁻⁵	4×10 ⁻⁹	B, Y	±2	mmAg	0		100			SUS 304			
TIA ⁺ 1593.1	温度計	空気		40			-675 mmAg					1.05	1.82×10 ⁻⁵	4×10 ⁻¹¹	B, Y	±1	°C	0		100	50		SUS 304		
TIA ⁺ 1594.1	温度計	水		33			3				995	7.23×10 ⁻⁷			±1	°C	0		100	45		SUS 304			
TI 1594.2	温度計	水		30			3				996	8.01×10 ⁻⁷			±1	°C	0		100			SUS 304			
TI 1594.3	温度計	水		20			3				998	1.00×10 ⁻⁶			±1	°C	0		100			STPG 38			
TIA ⁺ 1594.4	温度計	水		25			3				997	8.93×10 ⁻⁷			±1	°C	0		100	35		STPG 38			
PI 1597.1	圧力計	水		30			3				996	8.01×10 ⁻⁷				kg/cm ²	0		5			STPG 38			
PI 1598.1	圧力計	水		30			3				996	8.01×10 ⁻⁷				kg/cm ²	0		5			STPG 38			

Remarks:																								
Data from:												Visa: Date:			Please return to:									
 KOBE STEEL, LTD. JAPAN												表-15 INSTRUMENTATION PROCESS DATA LIST				Sheet: 2/2								
												Date:		Verified:		307								
Note: In case of control giving some pressure drop the values with asterisk will be measured before pressure drop	DATE	REV	LINE	DRAWN																				

1 Tag	2 Device	3 Fluid (流体)	4 *Temperature °C (温度)			5 *Gauge Pressure kg/cm ² (圧力)			6 Density kg/m ³ (密度)			7 Viscosity at norm oper.conds m ² /s (粘度)	8 Fluid Activity		9 Measured Variable			10 Switch Values	11 Allowed Pressure Drop or Maxiflow	12 Valve position Without supply	13 Materials of Process Pipes or Vessels	14 Orders			
			Min	Norm	Max	Min	Norm	Max	Min	Norm	Max		Accuracy % max	Unit	Min	Norm	Max					Nature α β γ η	Nature on off open closed	To	
PI 1591.1	圧力計	空気	30	—	40	0			1.15	—	1.05	1.82×10 ⁻⁵	4×10 ⁻⁹	β, γ	±2	mmA _g	-1000		1000			SUS 304			
TA ⁺ 1591.1	温度計	ヒ-夕			600	0						—			±0.75	°C	0		800	550			SUS 304		
PICA ⁺ 01591.2	温度計	空気	30	80	150	-100 mmA _g			1.15	0.98	0.82	2.13×10 ⁻⁵	4×10 ⁻⁹	β, γ	±0.75	°C	0		200	0 ⁺ 160 A ⁺ 160			SUS 304		
TA ⁺ 1592.1	温度計	ヒ-夕			600	0						—			±0.75	°C	0		800	550			SUS 304		
PICA ⁺ 01592.2	温度計	空気	30	80	150	-100 mmA _g			1.15	0.98	0.82	2.13×10 ⁻⁵	4×10 ⁻⁹	β, γ	±0.75	°C	0		200	0 ⁺ 160 A ⁺ 160			SUS 304		
TI 1571.1	温度計	空気	30	80	150	-100 mmA _g			1.15	0.98	0.82	2.13×10 ⁻⁵	4×10 ⁻⁹	β, γ	±1.5	°C	0		200				SUS 304		
dPI 1571.1	差圧計	空気	30	80	150	-100 mmA _g			1.15	0.98	0.82	2.13×10 ⁻⁵	4×10 ⁻⁹	β, γ	±2	mmA _g	0		100				SUS 304		
dPI 1571.2	差圧計	空気	30	80	150	-100 mmA _g			1.15	0.98	0.82	2.13×10 ⁻⁵	4×10 ⁻⁹	β, γ	±2	mmA _g	0		100				SUS 304		
dPI 1571.3	差圧計	空気	30	80	150	-100 mmA _g			1.15	0.98	0.82	2.13×10 ⁻⁵	4×10 ⁻⁹	β, γ	±2	mmA _g	0		100				SUS 304		
TI 1572.1	温度計	空気	30	80	150	-100 mmA _g			1.15	0.98	0.82	2.13×10 ⁻⁵	4×10 ⁻⁹	β, γ	±1.5	°C	0		200				SUS 304		
dPI 1572.1	差圧計	空気	30	80	150	-100 mmA _g			1.15	0.98	0.82	2.13×10 ⁻⁵	4×10 ⁻⁹	β, γ	±2	mmA _g	0		100				SUS 304		
dPI 1572.2	差圧計	空気	30	80	150	-100 mmA _g			1.15	0.98	0.82	2.13×10 ⁻⁵	4×10 ⁻⁹	β, γ	±2	mmA _g	0		100				SUS 304		

Remarks:																										
Data from:												Visa: Date:				Please return to:										
Note: In case of control giving some pressure drop the values with asterisk will be measured before pressure drop												KOBELCO  KOBE STEEL, LTD. JAPAN				表-15 INSTRUMENTATION PROCESS DATA LIST Date: Verified:							307		Sheet: 1/2	
																									DATE	REV

操作	原因	接点
----	----	----

状態	対象機器番号	結果
----	--------	----

温度上昇	T0 ⁺ 1591.2	ON
------	------------------------	----

PB	H1591 加熱	ON
----	----------	----

PB	H1591 切	OFF
----	---------	-----

温度上昇	T0 ⁺ 1592.2	ON
------	------------------------	----

PB	H1592 加熱	ON
----	----------	----

PB	H1592 切	OFF
----	---------	-----

K155 運転
K156 運転

P1597 運転
P1598 運転

PB	H1595 運転	ON
----	----------	----

PB	H1595 停止	OFF
----	----------	-----

PB	H1596 運転	ON
----	----------	----

PB	H1596 停止	OFF
----	----------	-----

E	88 1591	ON
DE	88 1591	OFF


E	88 1592	ON
DE	88 1592	OFF

E	88 1595	ON
DE	88 1595	OFF

E	88 1596	ON
DE	88 1596	OFF

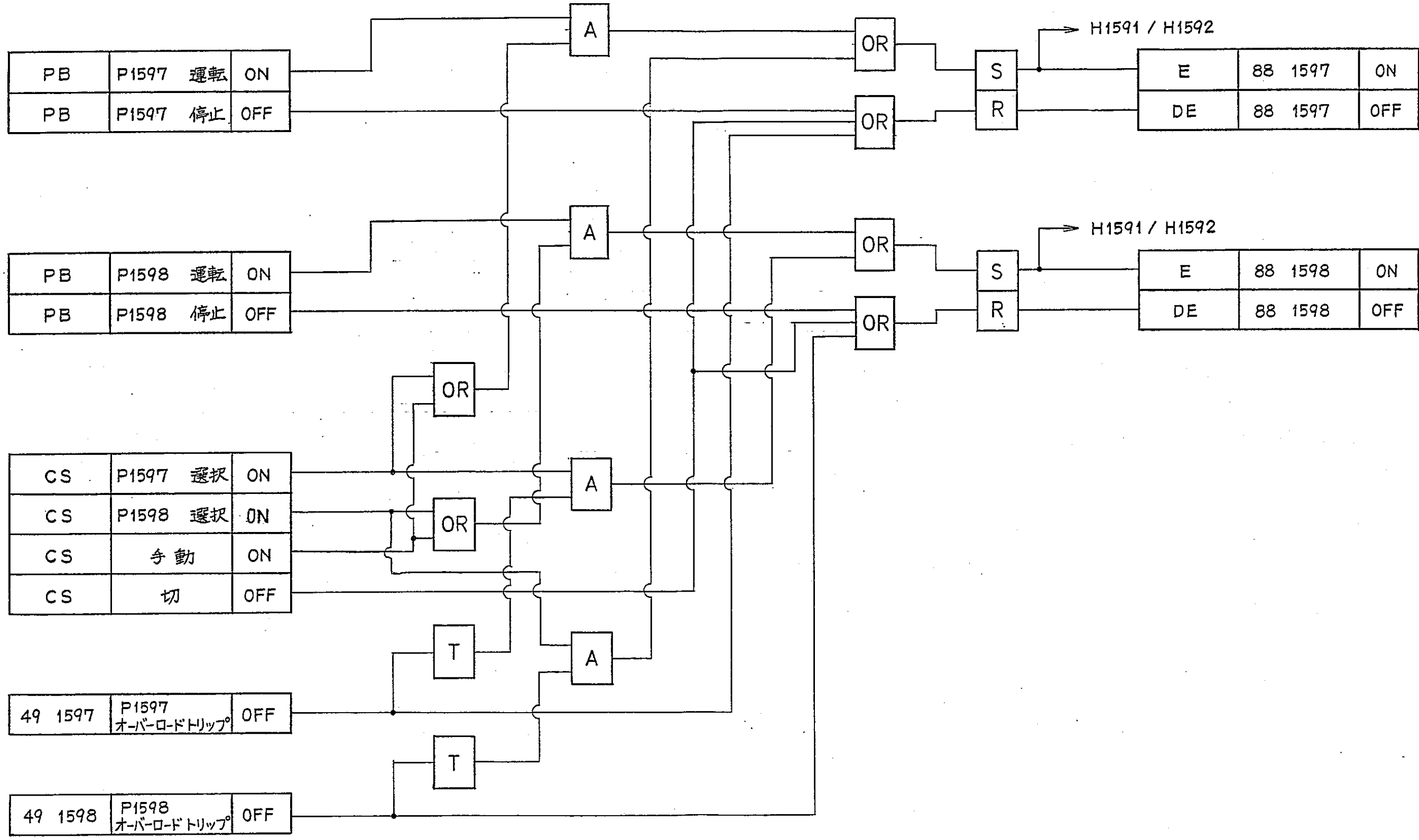
A
B
C
D
E

A
B
C
D
E

 KOBELCO KOBE STEEL, LTD.	REVISED	△	CHECKED	DESIGNED	DATE	NAME	DWG. No.	SHEET No.
						図-18 インターロックブロック線図		1/3

操作	原因	接点
----	----	----

状態	対象機器番号	結果
----	--------	----



REVISED



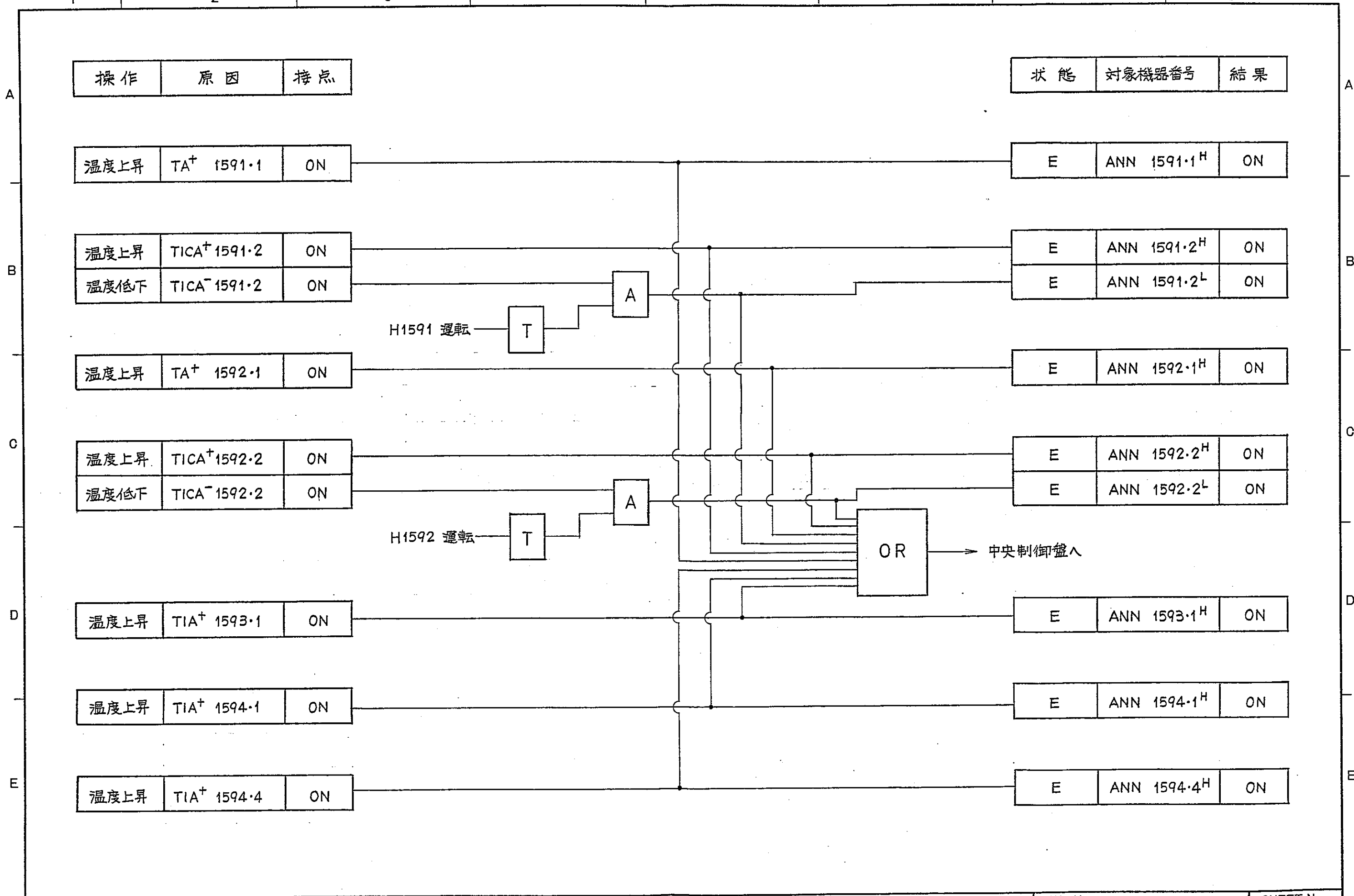
CHECKED DESIGNED DATE NAME

図-18 インターロックブロック線図

DWG. No.

SHEET No.

2/3



REVISD



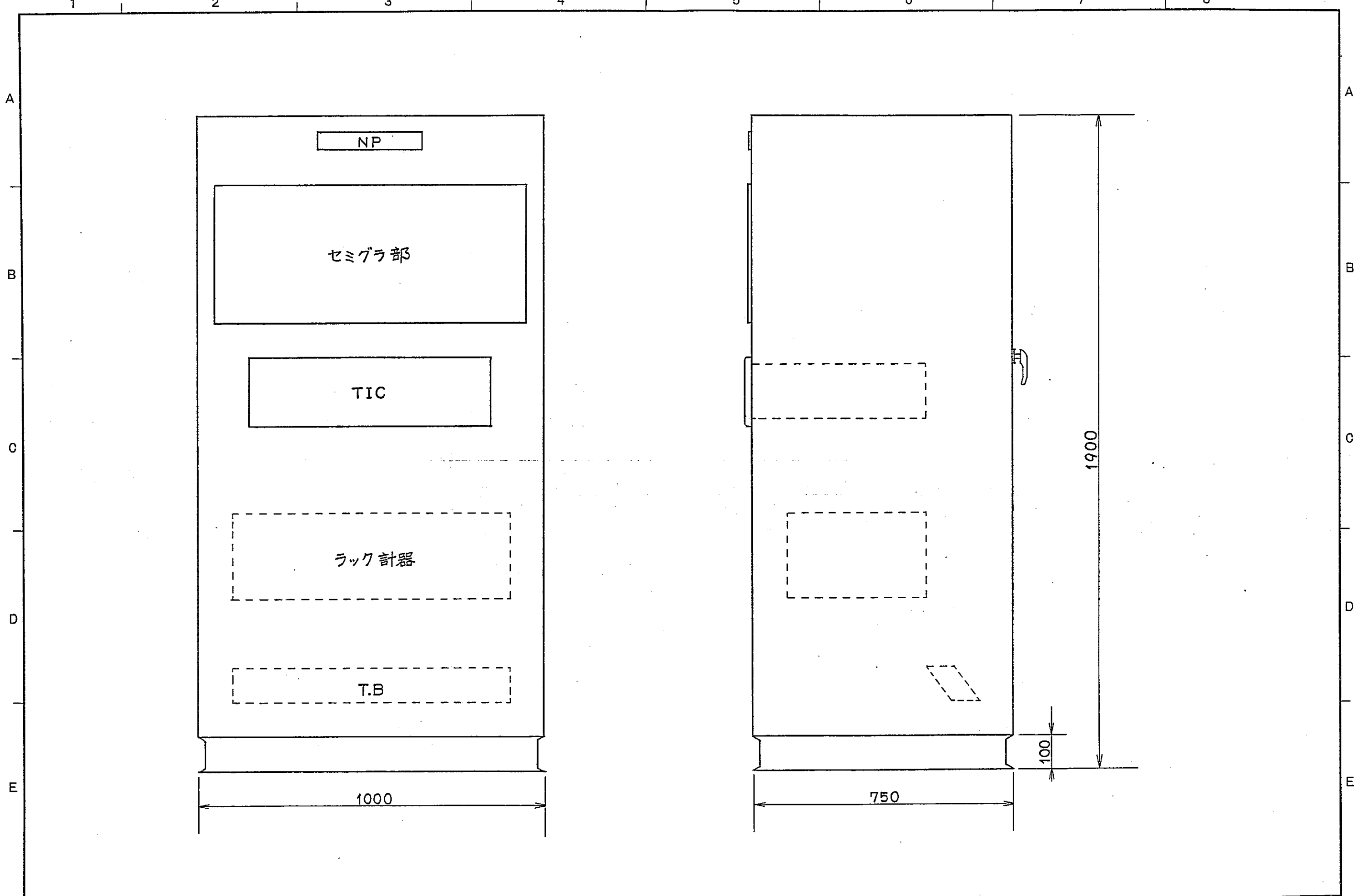
CHECKED DESIGNED DATE NAME

図-18 インターロックブロック線図

DWG. No.

SHEET No.

3/3



KOBELCO

◆ KOBELCO STEEL, LTD.

REVISED



CHECKED

DESIGNED

DATE

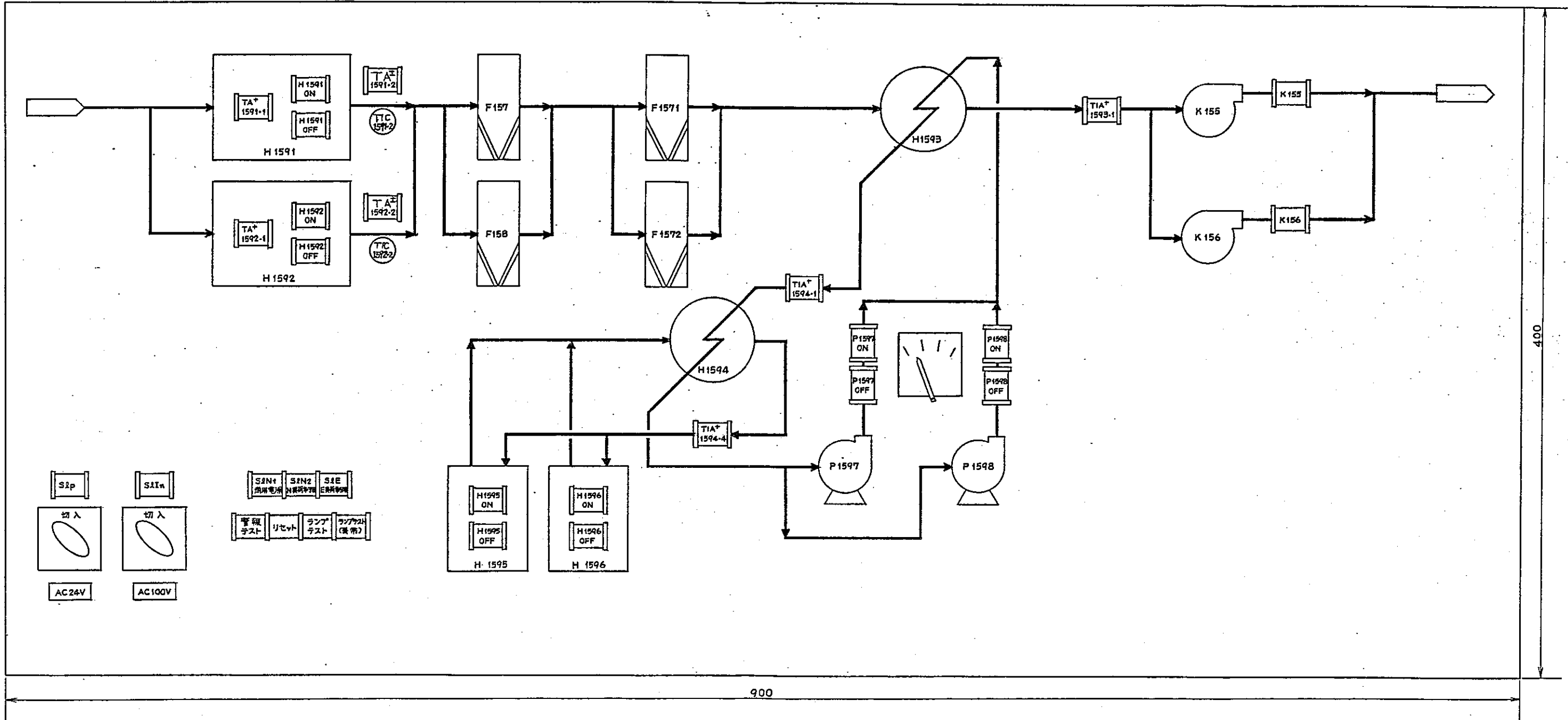
NAME

図-19 制御盤外形図

DWG. No.

SHEET No.

1/1



設計者 原田
 P 作成
 P 検査
 土 監
 許 可
 1/20 1/10 1/5 1/2 1/1
 0 5 10 15 20

REV. NO.	REVISION NOTE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVIEWED	T. NO.
1						1-

ENGINEERING DEPARTMENT

SEQ. NO.	COMP'D. DWG. NO.	ITEM	PART NAME	MATERIAL	QTY. REQ'D.	BY	REMARKS

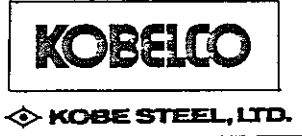
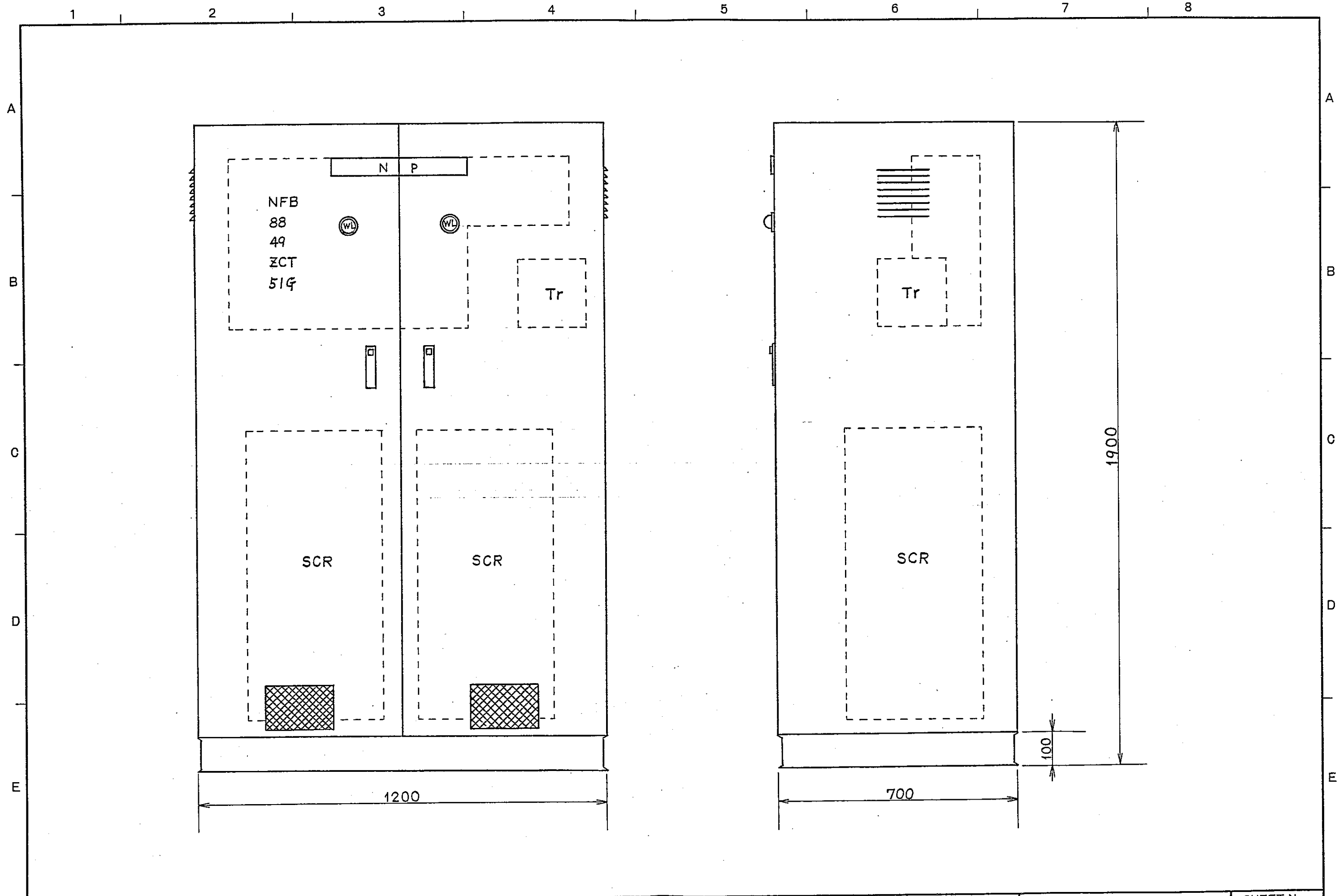
KOBE STEEL, LTD.
 ENGINEERING DIVISION

THE DRAWINGS AND THE INFORMATION CONTAINED HEREIN ARE THE PROPERTY OF KOBE STEEL, LTD. THEY SHALL NOT BE DISCLOSED, REPRODUCED OR USED, IN ANY MANNER WITHOUT THE PRIOR WRITTEN CONSENT OF KOBE STEEL, LTD.

TITLE: 図-20 セミグラフィック

FAB. DRAWING NO. JOB NO. AREA DRAWING NO. REV.

D -



◆ KOBELCO STEEL, LTD.

REVISED



CHECKED	DESIGNED	DATE

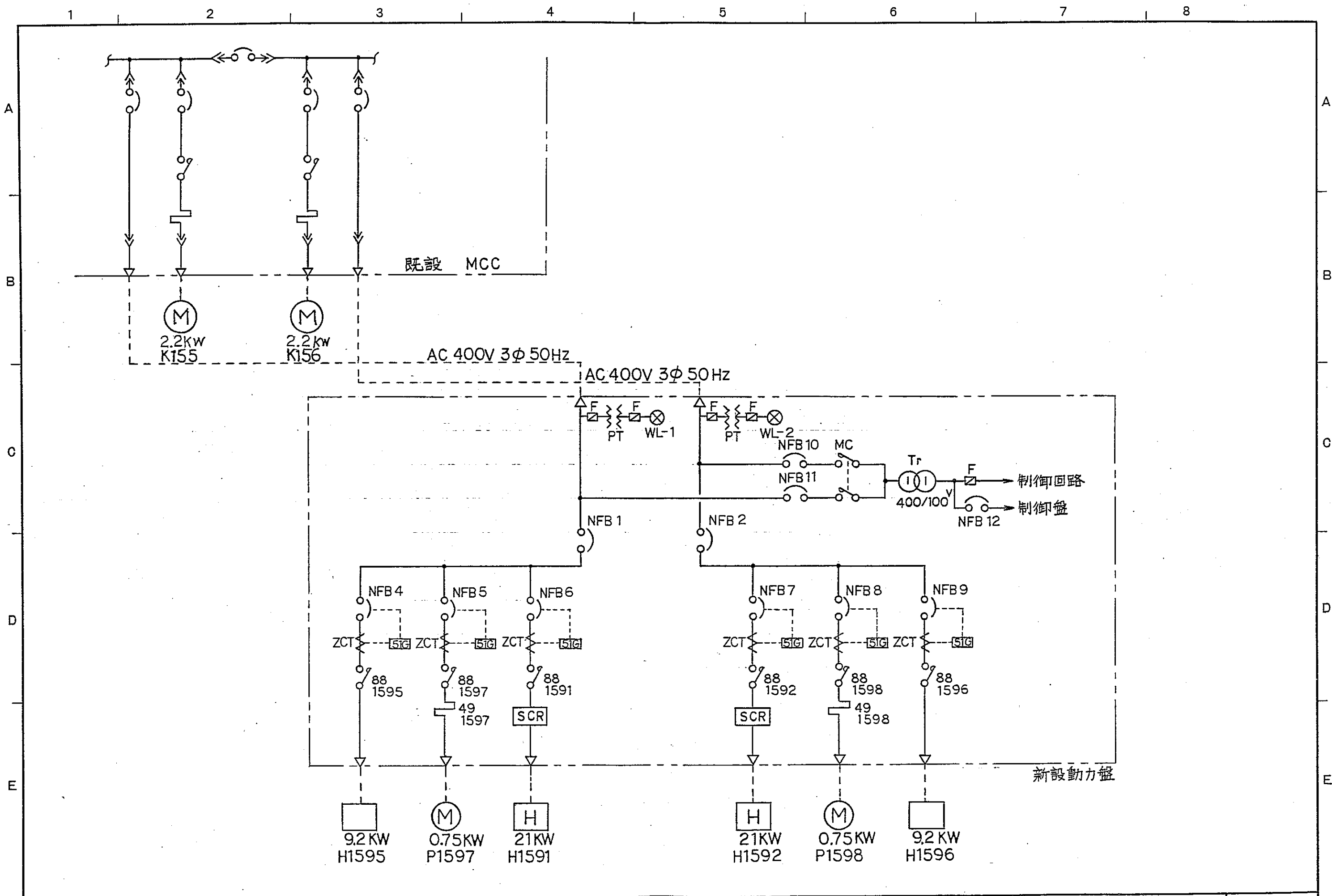
NAME

图-21 動力盤外形図

DWG. No.

SHEET No.

1/1



REVISED



CHECKED DESIGNED DATE NAME

図-22 単線結線図

DWG. No.

SHEET No.

1 / 1

4. 安全性の検討

4.1 安全解析項目

- ① 臨 界
- ② 被 曝
- ③ 火 災 ・ 爆 発
- ④ 耐 震

4.2 安全解析

4.2.1 臨 界

本系統は臨界に対する考慮は必要ない。

4.2.2 被 曝

(1) 工 事 中

本工事を実施する場合の作業時間は、放射線防止規則および事業団殿規則に従うものとする。

(2) フィルタ交換時

ヨウ素除去フィルタは4年に1回交換される。4年間のヨウ素発生量は

$$4 \times 10^{-9} \text{Ci/m}^3 \times 350 \text{m}^3/\text{h} \times 24 \text{h/d} \times 300 \text{d/y} \times 4 \text{y} = 0.04 \text{Ci}$$

ヨウ素が1つのフィルタエレメントにすべて吸着すると仮定して、それを交換する場合の空間線量率は、吸着剤による吸収や、フィルタエレメントの容器による吸収を無視しても、約0.7mR/hとなる。これより、フィルタ外表面においては、バックグラウンドレベルまで減衰すると考えられ、フィルタ交換時の被曝は問題ない。

4.2.3 火 災 , 爆 発

本プロセス取合点のガス温度は、40℃で受け取り、40℃で渡すとしている。またヨウ素除去フィルタでの常用温度80℃、最高使用温度150℃である。

一方、本プロセスの構成材料は、不燃材であり、フィルタについても次のとおりである。

ダストフィルタ : グラスウール

ヨウ素除去フィルタ : AgX(発火点 900℃以上)

従って、150℃までの運転温度では火災の可能性はないと考えられる。本プロセスの中で、唯一の加熱部を有するヒータについては、過熱を防止するために、次のとおりインターロックを組んでいる。すなわち、ヒータのシーサーヒータ表面温度が、一定値以上になると、主電源が切れること(これは、処理ガスが通気しない時の“からだき”防止でもある)および、ヒータ出口のガス温度が制御値より著しく高くなれば主電源が切れるようになっている。

以上、不燃材を使用していることで、最高使用温度150℃までは問題ないこと、また、150℃以上にならないよう、“からだき”をしないようそれぞれインターロックが組んであることから、火災の心配はない。

また、系統圧力は、ほぼ常圧で運転され、系統中のガスは不燃性であり、機器及び配管は不燃材料で構成されているので、爆発の心配はない。

4.2.4 耐 震

(1) 耐震計算の方針

(i) 耐震計算の原則

機器・配管は剛に設計するものとし、静的解析を行なう。ここで剛とは、固有振動数が20Hz以上であることとする。

(ii) 機器・配管の設計震度を下表に示す。

耐震クラス	水平震度	垂直震度	備 考
B	1.8C ₀	水平震度の 1/2とする。	C ₀ は建築基準法施行令（昭和55年7月 改正）第88条により C ₀ = 0.2
C	1.2C ₀		

(ii) 耐震計算の機器・配置

- | | |
|-------------|----------|
| ① ク ー ラ | ⑥ 冷却水ポンプ |
| ② ヨウ素除去フィルタ | ⑦ 制 御 盤 |
| ③ ブ ロ ヲ | ⑧ 動 力 盤 |
| ④ 冷却水クーラ | ⑨ 配 管 |
| ⑤ 冷却水ユニット | |

(2) 記号の説明

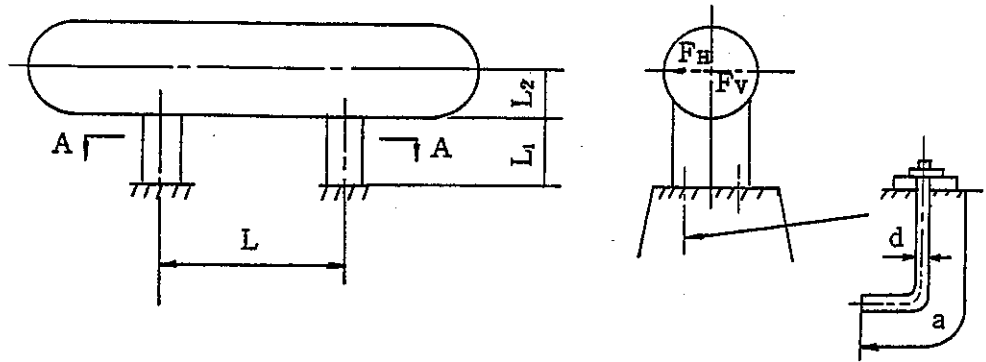
記 号	表 示 内 容	単 位
A _B	断 面 積 (ボルト)	mm ²
A _C	断 面 積 (容器)	mm ²
A _S	断 面 積 (支持脚)	mm ²
a	アンカーボルト埋入長さ	mm
D ₀	配 管 外 径	mm
E	ヤ ン グ 率	kg/cm ²
F _H	水 平 地 震 力	kg
F _V	垂 直 地 震 力	kg
f	固 有 振 動 数	c/s
G	重 量	kg
g	重 力 加 速 度	m/s ²
H	長 さ	mm
h _G	重 心 高 さ	mm

記号	表示内容	単位
I	慣性モーメント (配管)	mm ⁴
I _H	慣性モーメント (支持脚)	mm ⁴
L	長さ	mm
L ₁ , L ₂	長さ	mm
ℓ	配管支持間隔	mm
ℓ ₁ , ℓ ₂	配管支持間隔	mm
ℓ _G	長さ (重心とアンカーボルト)	mm
M _A	モーメント (配管)	kg・mm
M _B	モーメント (配管)	kg・mm
M _C	モーメント (容器)	kg・mm
M _S	モーメント (支持脚)	kg・mm
n	員数 (ボルト)	-
n _s	員数 (支持脚)	-
n _t	員数 (引張側のボルト)	-
P	設計圧力	kg/cm ²
Q	ボルト剪断力	kg
R	容器の内半径	mm
R _b	ボルト引張力	kg
S _i	応力集中係数	-
t	容器の板厚	mm
t _n	配管の板厚	mm
W	単位長さ当り重量 (配管)	kg/mm
Z _c	断面係数 (容器)	mm ³
Z _p	断面係数 (配管)	mm ³
Z _s	断面係数 (支持脚)	mm ³
μ	アンカーボルトの粘着力	kg/mm ²
σ	組合せ応力	kg/mm ²
σ _b	曲げ応力	kg/mm ²
σ _c	圧縮応力	kg/mm ²
σ _t	引張応力	kg/mm ²
τ	剪断応力	kg/mm ²

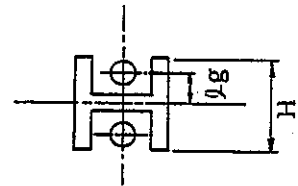
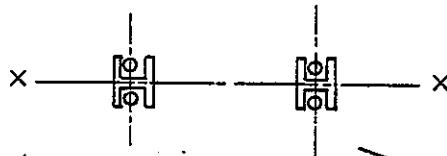
(3) 計 算 式

(i) 機 器

- ① 支持脚のある場合には、その固有振動数を計算し、剛構造であることを確認し、静的震度により地震荷重を算出し、支持脚、アンカーボルト及び容器の強度計算を行う。(冷却器の場合)



A A断面



(I_H : H鋼の慣性モーメント)

- ② 支持脚の固有振動数 (f)

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{E I_H g}{3F_H (L_1/3 + L_2/2)^2}}$$

- ③ 支持脚の強度計算

- ① 支持脚の曲げモーメント (M_s)

$$M_s = F_H (L_1 + L_2)$$

- ② 支持脚の断面係数 (Z_s)

(X-X軸)

$$Z_s = \frac{2I_H}{H}$$

- ③ 支持脚の曲げ応力 (σ_b)

$$\sigma_b = \frac{M_s}{Z_s}$$

⑥ 支持脚の圧縮応力 (σ_c)

$$\sigma_c = \frac{G + F_v}{n_s A_s}$$

⑦ 支持脚の剪断応力 (τ)

$$\tau = \frac{F_H}{n_s A_s}$$

⑧ アンカーボルトの強度計算

① ボルトの引抜力 (R_b)

$$R_b = \frac{F_H (L_1 + L_2) - (G - F_v) \ell_c}{2 \ell_c n_t}$$

② アンカーボルト剪断力 (Q)

$$Q = \frac{F_H}{n}$$

③ アンカーボルト引張応力 (σ_t)

$$\sigma_t = \frac{R_b}{A_B}$$

④ アンカーボルト剪断力 (τ)

$$\tau = \frac{Q}{A_B}$$

⑤ アンカーボルト許容引抜力 (R_a)

$$R_a = \pi d a \mu$$

⑨ 容器の強度計算

① 容器の曲げモーメント (M_c)

$$M_c = \frac{1}{2} (F_v + G) L$$

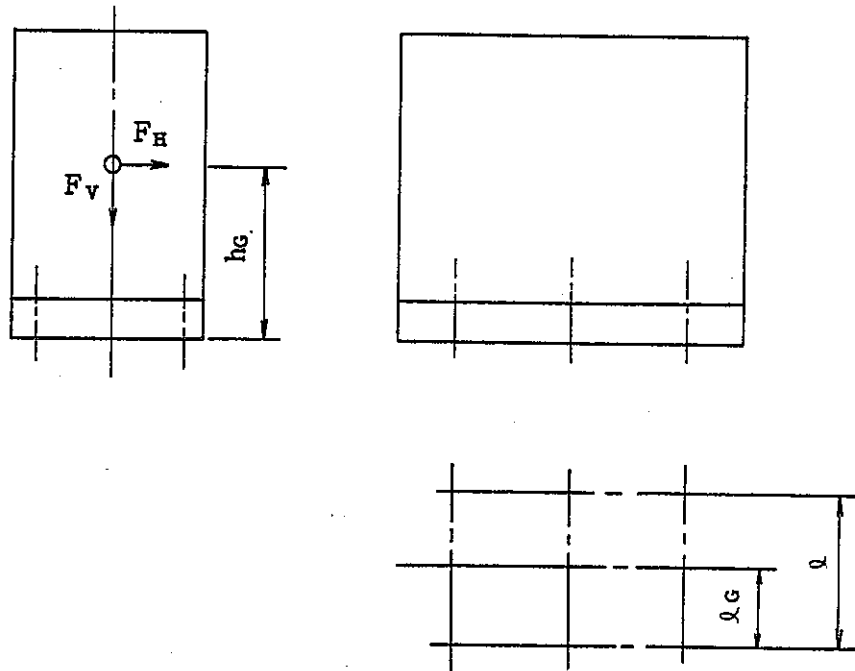
② 容器の曲げ応力 (σ_b)

$$\sigma_b = \frac{M_c}{Z_c}$$

③ 内圧による容器の応力 (σ_c)

$$\sigma_c = \frac{PR}{2t}$$

- ② 支持脚のない機器は、固有振動数の計算は行わず、剛であるとしてアンカーボルトの強度計算を行う。



① アンカーボルトの強度計算

- ① ボルトの引抜力 (R_b)

$$R_b = \frac{F_H h_G - (G - F_V) l_G}{l n t}$$

- ② アンカーボルト剪断力 (Q)

$$Q = \frac{F_H}{n}$$

- ③ アンカーボルト引張応力 (σ_t)

$$\sigma_t = \frac{R_b}{A_B}$$

- ④ アンカーボルト剪断応力 (τ)

$$\tau = \frac{Q}{A_B}$$

- ⑤ アンカーボルトの許容引抜力 (R_a)

$$R_a = \pi d a \mu$$

③ 組合せ応力の算出 (σ)

- ① 曲げと剪断

$$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2}$$

⑥ 曲げと引張と剪断

$$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + \sigma_t^2 - \sigma_b \sigma_t + 3\tau^2}$$

⑦ 曲げと圧縮と剪断

$$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + \sigma_c^2 - \sigma_b \sigma_c + 3\tau^2}$$

(ii) 配管

① 固有振動数の計算

② 直管部の支持間隔 (l)

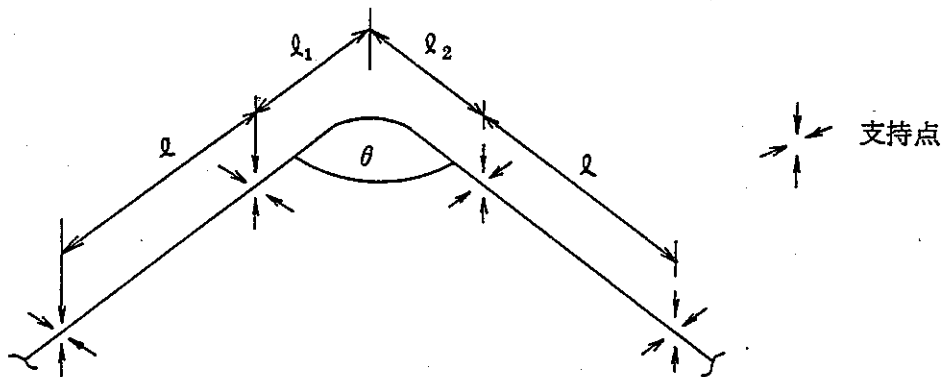
固有振動数が20Hz以上になる最大支持間隔を求める。

$$l = \sqrt{\frac{\pi}{2f} \sqrt{\frac{EIg}{W}}}$$

③ 曲り部、分岐部および集中荷重部の支持間隔

① 曲り部の支持間隔 (l_1, l_2)

曲り部の支持間隔は、曲り部の1次固有振動数が20Hz以上となるように、直管部の最大支持間隔 (l) に、図-22に示した縮少率 (β) を乗じた長さ以内 ($l_1 + l_2 \leq \beta l$) にする。

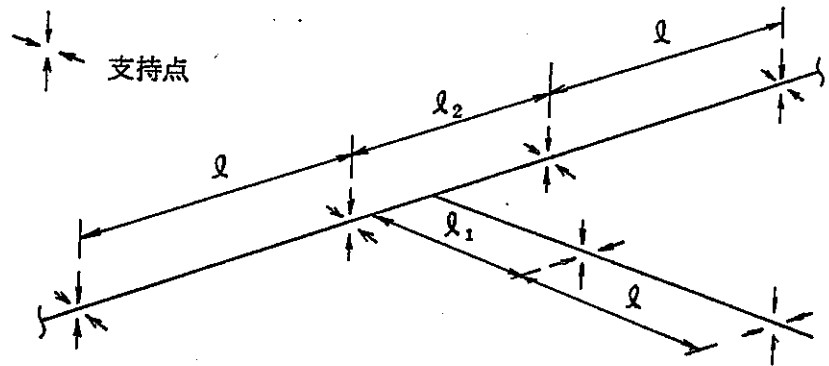


曲り部支持間隔

② 分岐部の支持間隔 (l_1, l_2)

分岐部における枝管の支持長さ (l_1) は、分岐部の固有振動数が20Hz以上となるように、直管部の最大支持間隔 (l) に縮少率0.85を乗じた長さ以内 ($l_1 \leq 0.85l$) にする。

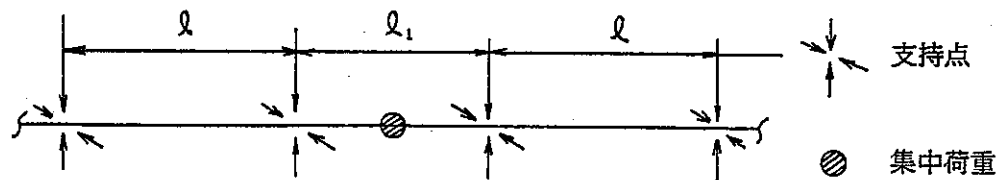
一方、分岐部における母管の支持長さ (l_2) は、分岐部の固有振動数が 20Hz 以上となるように、直管部の最大支持間隔 (l) に、縮少率 0.82 を乗じた長さ以内 ($l_2 \leq 0.82l$) にする。



分岐部の支持間隔

㊦ 集中荷重部の支持間隔 (l_1)

支持間隔の間に集中荷重部がある場合は、固有振動数が、20Hz 以上となるように、支持間隔を直管部の支持間隔 (l) に、図 - 23 に示した縮少率 (α) を乗じた長さ以内 ($l_1 \leq \alpha l$) にする。



② 配管の強度計算

最大支持間隔部の内圧及び曲げモーメントにより、応力計算を行う。以上の応力計算の評価は以下の式によって行う。

$$S_{oL} = \frac{PD_o}{4t_n} + 0.75S_i \left(\frac{M_A + M_B}{Z_p} \right)$$

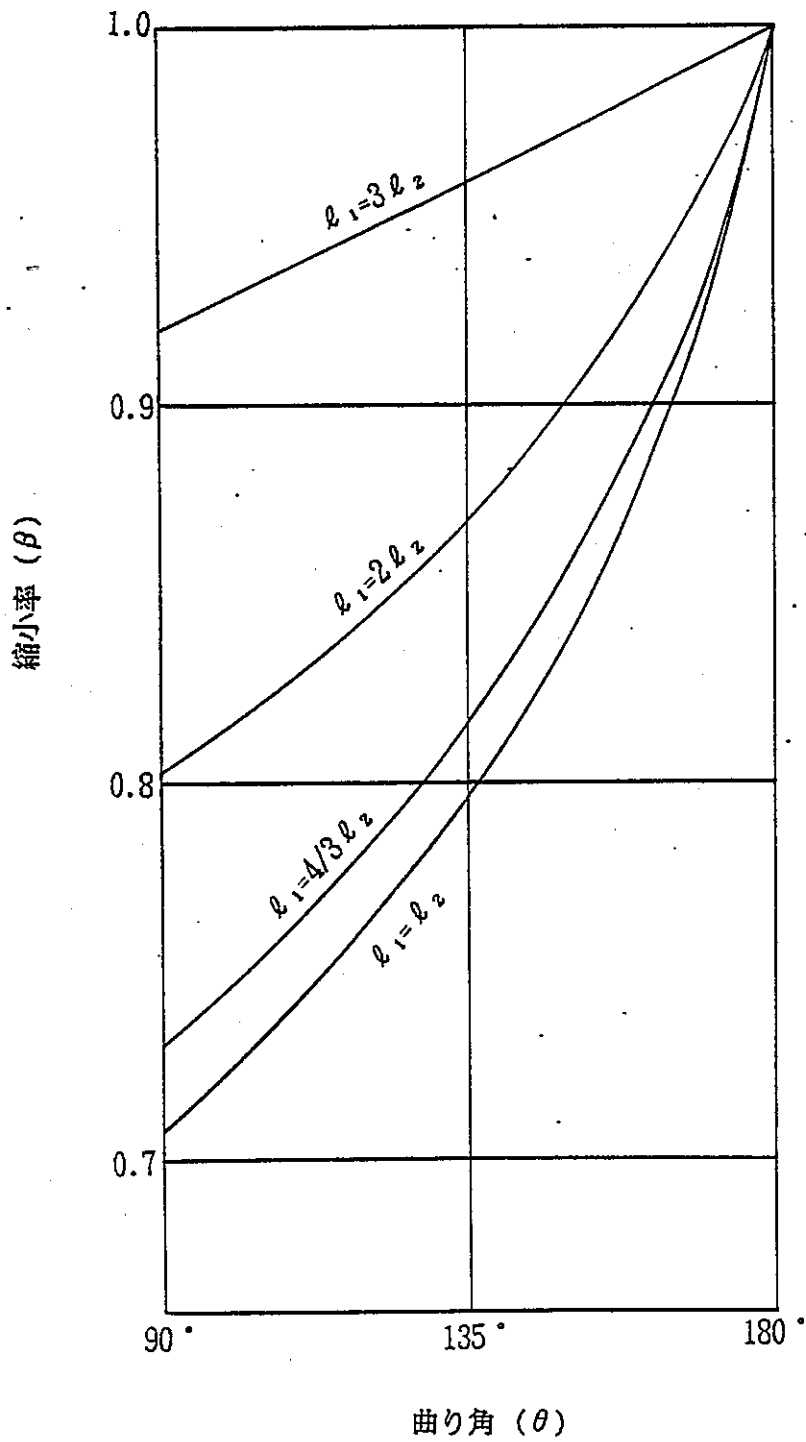
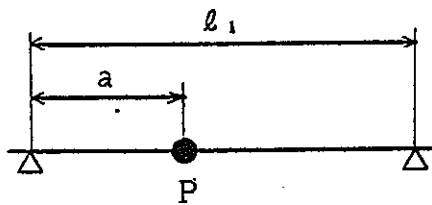


図-23 曲り部に対する縮小率 (β)
(固有振動数 20Hz)



- P : 集中荷重部に対する縮小率 (α)
- W : 配管の単位長さ当りの重量
- a : 支持点から集中荷重部までの長さ
- n : 荷重比 ($= P / W \cdot l_1$)
- k : a / l_1

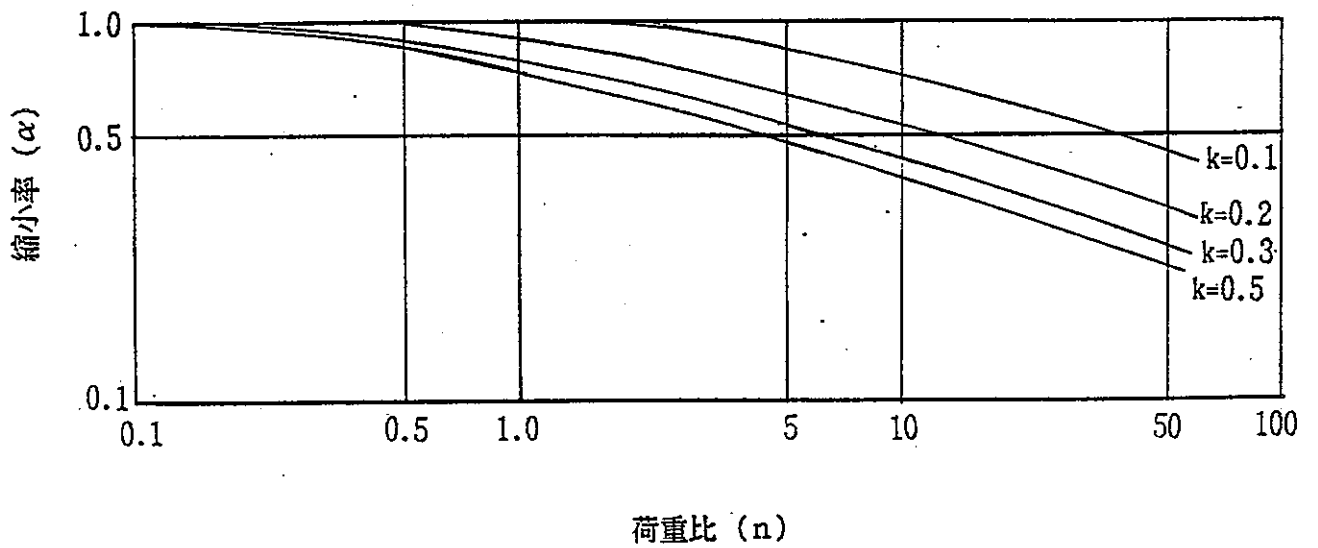


図-24 集中荷重部の縮小率 (α)
(固有振動数 20Hz)

(4) 設計条件

(i) 設計震度

耐震クラス	水平方向	垂直方向	備考
B	0.36	0.18	
C	0.24	0.12	

(ii) 設計強度

① 支持脚、ボルト類

材料の許容応力は「鋼構造設計規準」に基づいて次のように定める。

材 料		許 容 応 力 (kg/cm ²)				備 考
		引 張 f _t	剪 断 f _s	圧 縮 f _c	曲 げ f _b	
S S 4 1	長 期	1600	900	1600	1600	
	短 期	2400	1350	2400	2400	
S S 4 1 ボ ル ト	長 期	1200	900	—	—	
	短 期	1800	1350	—	—	

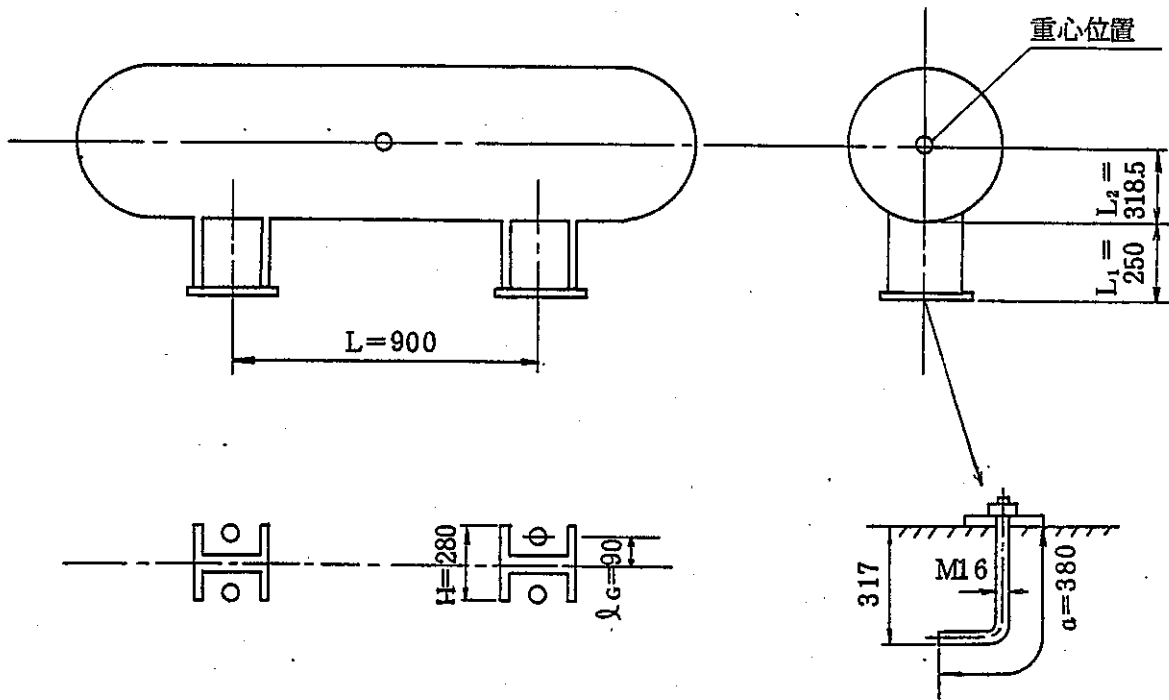
② 容 器, 配 管

材料の許容応力は、容器は「MITI告示501号」の第3種容器の許容応力、配管は「ASME SECTION III SUBSECTION NC-3600」によるものとする。

材 料		設 計 温 度 (℃)		許 容 応 力 (kg/cm ²)
容 器	SUS304	150	長 期	1170
			短 期	1755
配 管	SUS304	150	1.2 Sh	1290

(iii) 寸法及び重量

(a) ク ラ

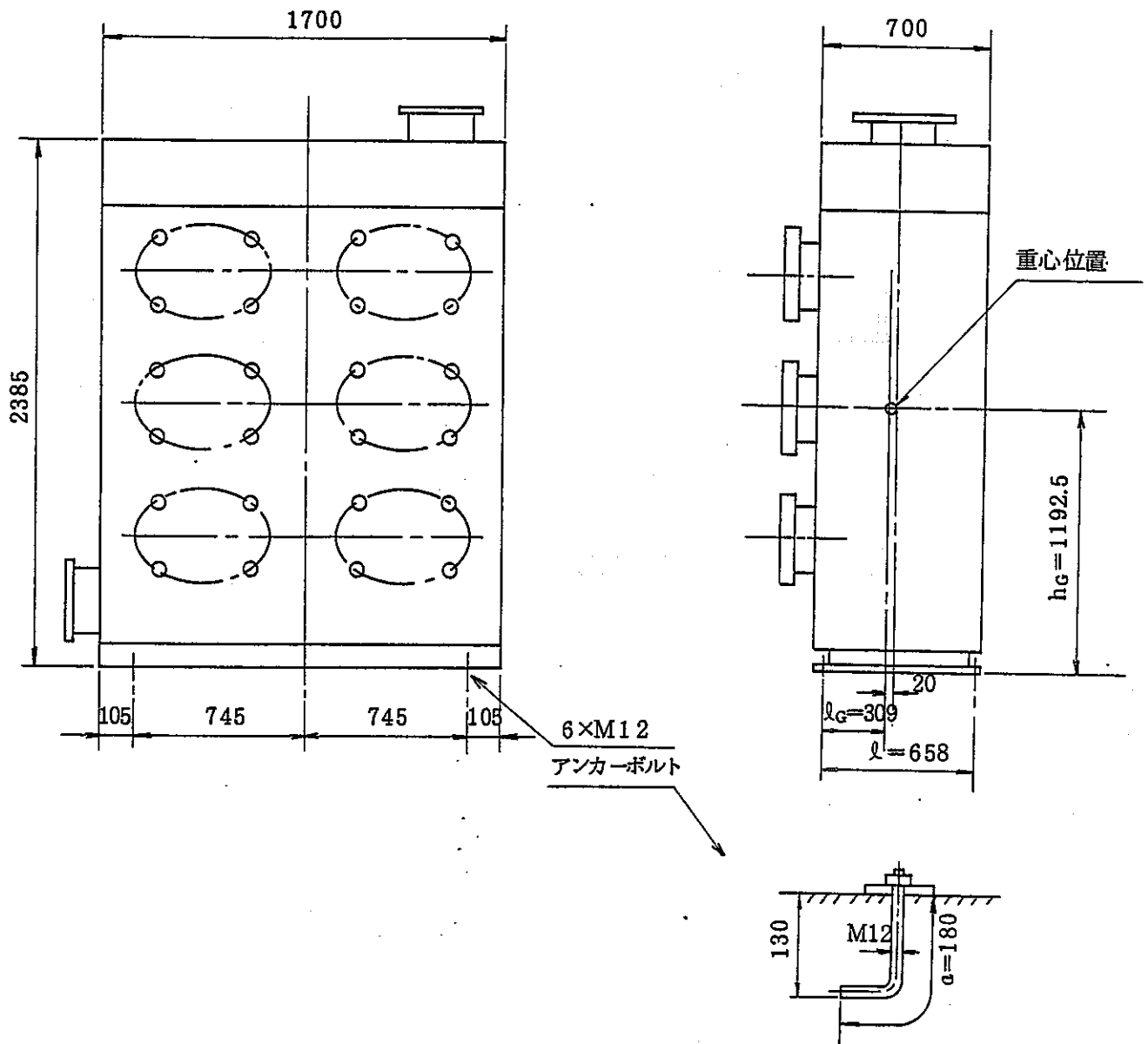


耐震クラス：B

重量 (kg)	支持脚慣性モーメント I_H (mm ⁴)	支持脚の断面積 A_s (mm ²)
550	3.29×10^7	6138

アンカーボルト			
n (全体数)	n _t (引抜側)	A _B (mm ²)	a (mm)
4	2	M16 150.3	350

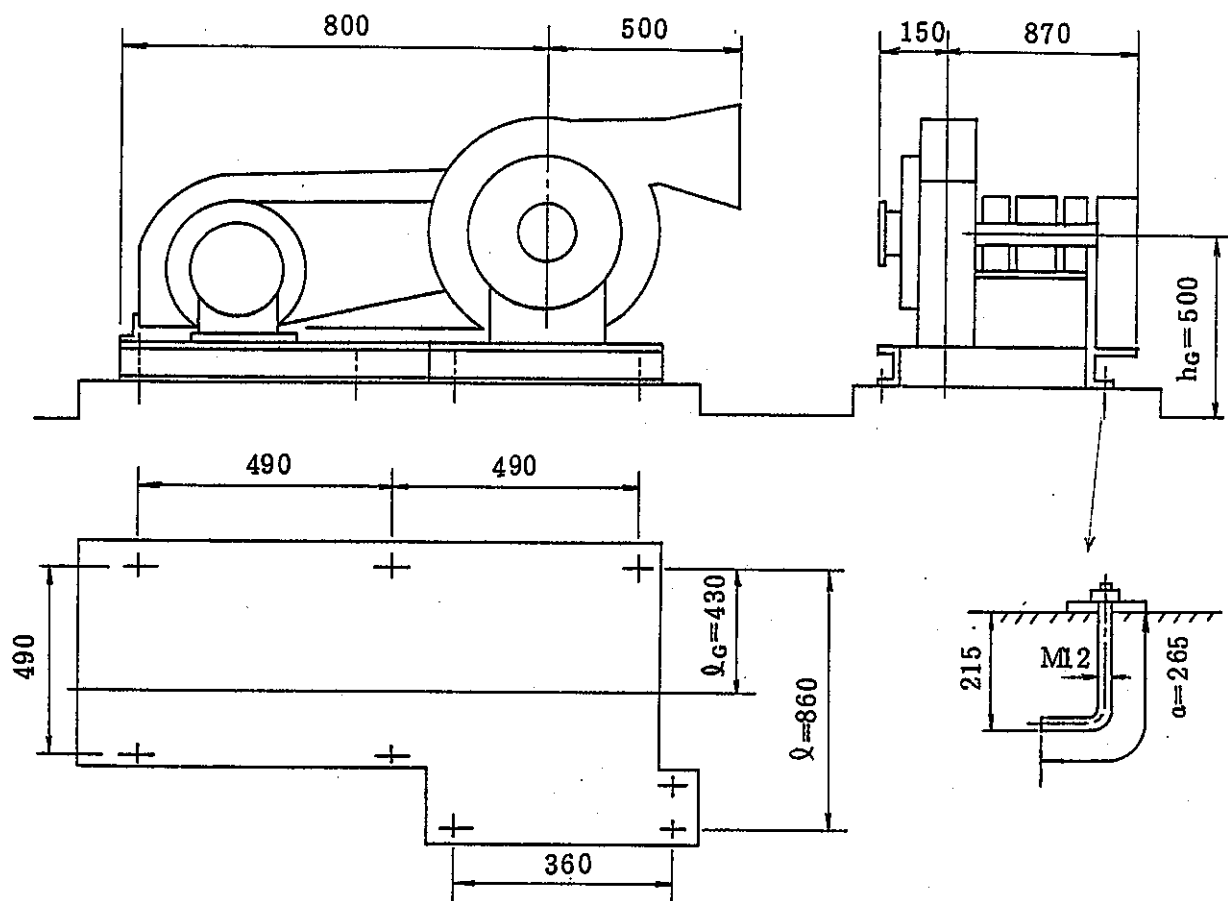
(b) ヨウ素除去フィルタ



耐震クラス：B

重量 (kg)	アンカーボルト			
	n (全本数)	n _t (引抜側)	A _B (mm ²)	a (mm)
2180	6	3	M12 80.2	180

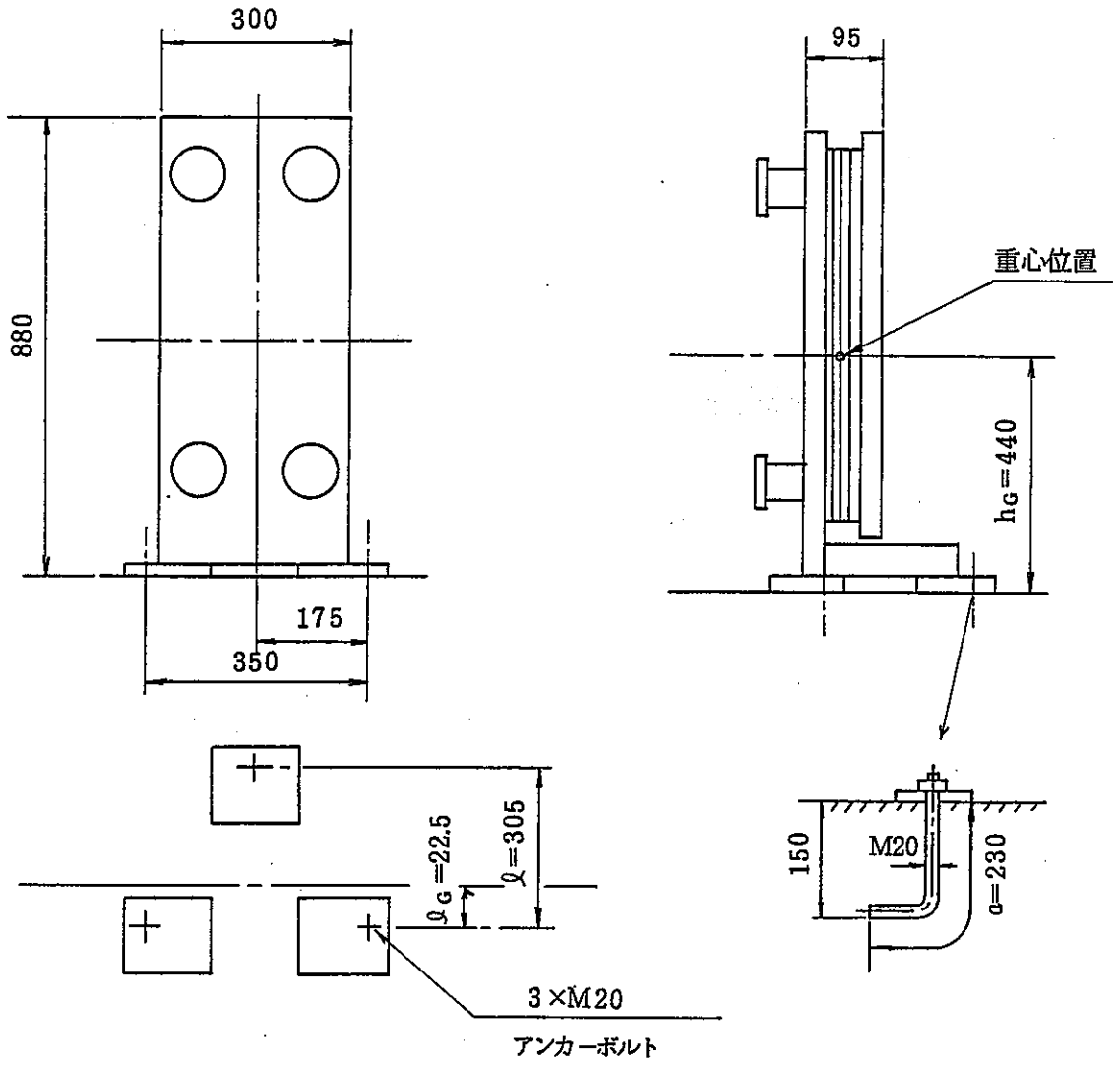
(c) プ ロ ヲ



耐震クラス：B

重量 (kg)	アンカーボルト			
	n (全本数)	n_t (引抜側)	A_B (mm^2)	a (mm)
340	8	3	M12 80.2	265

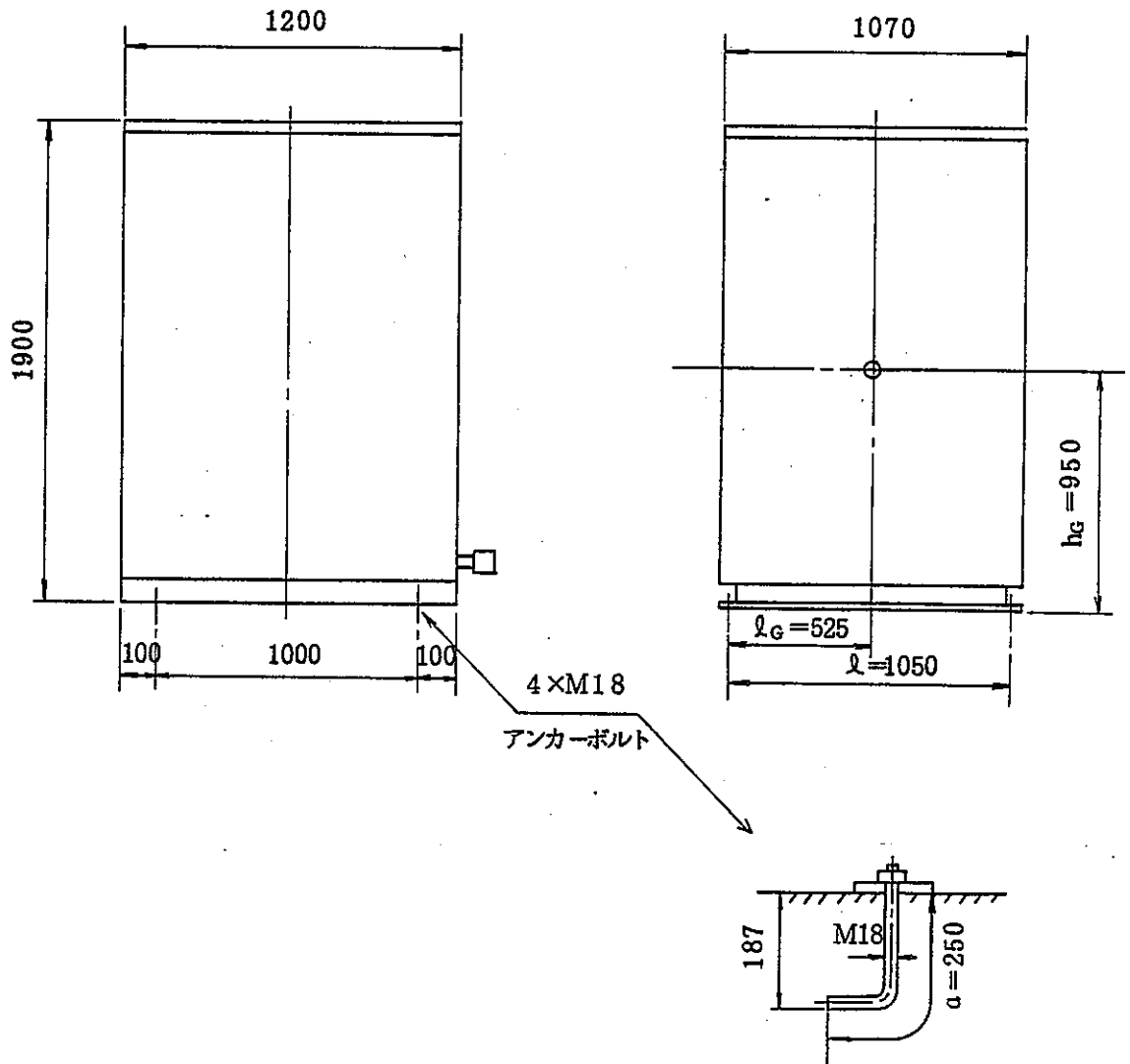
(d) 冷却水クーラ



耐震クラス：C

重量 (kg)	アンカーボルト			
	n (全本数)	n_t (引抜側)	A_B (mm^2)	a (mm)
140	3	2	M20 234.9	230

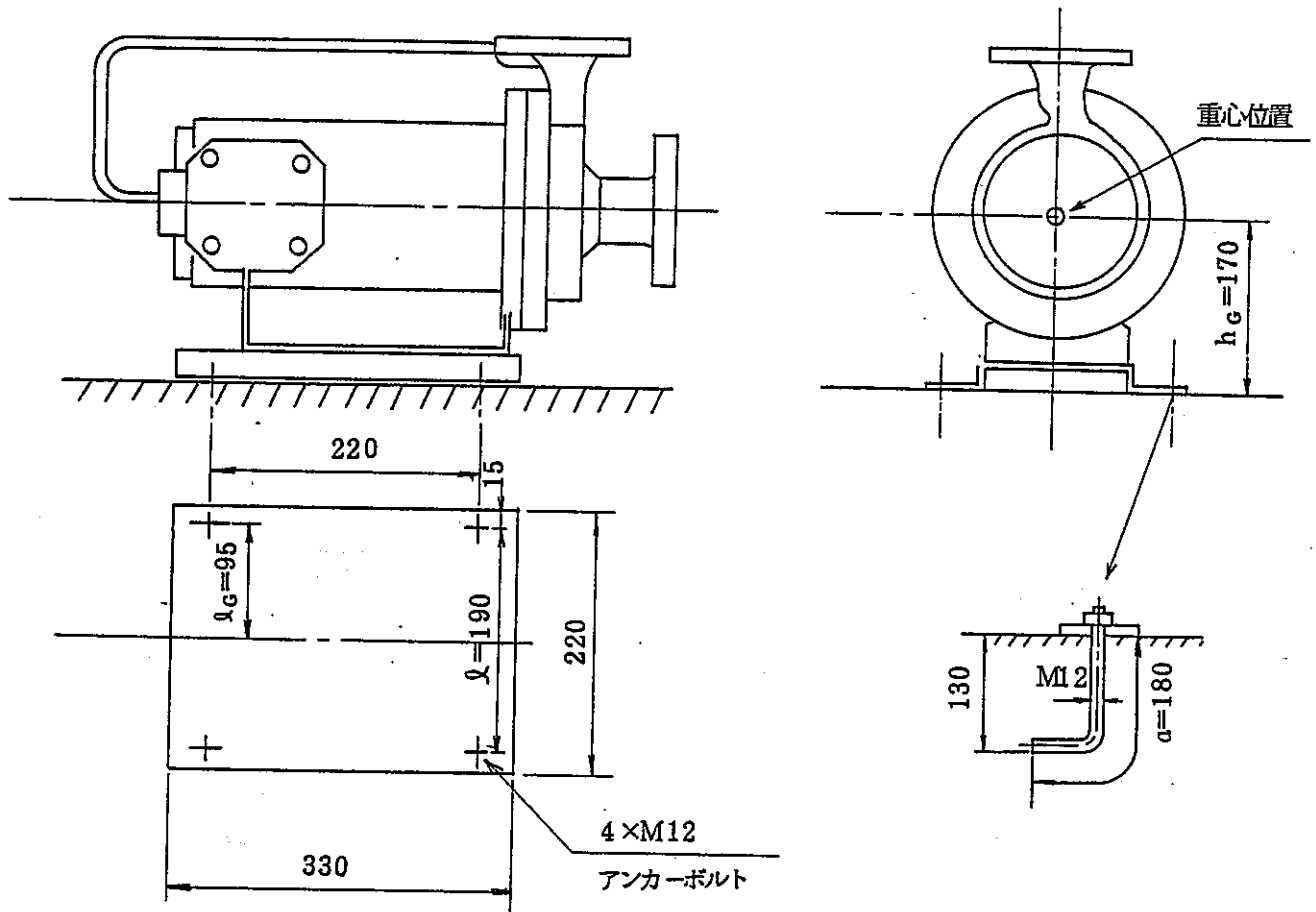
(e) 冷却水ユニット



耐震クラス：C

重量 (kg)	アンカーボルト			
	n (全本数)	n_t (引抜側)	A_B (mm ²)	a (mm)
650	4	2	M16 150.3	250

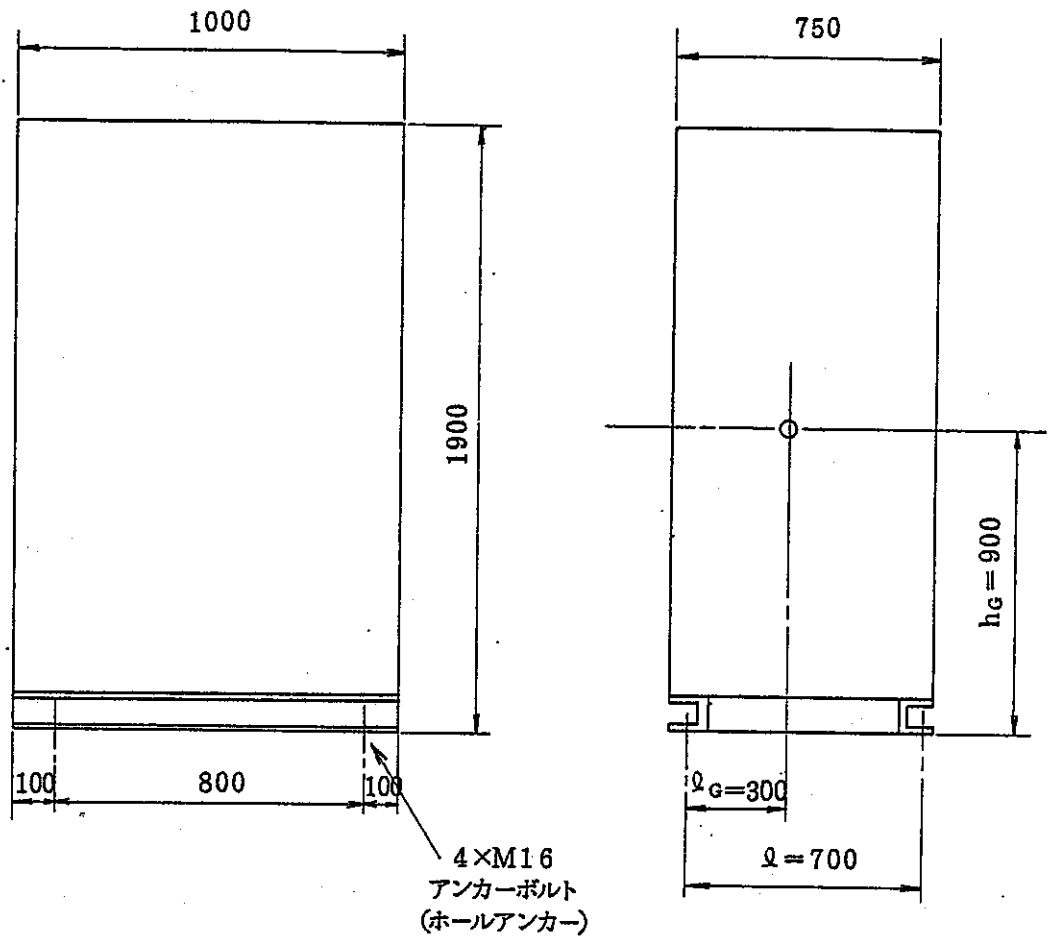
(f) 冷却水ポンプ



耐震クラス：C

重量 (kg)	アンカーボルト			
	n (全本数)	n_t (引抜側)	A_n (mm^2)	a (mm)
50	4	2	M12 80.2	180

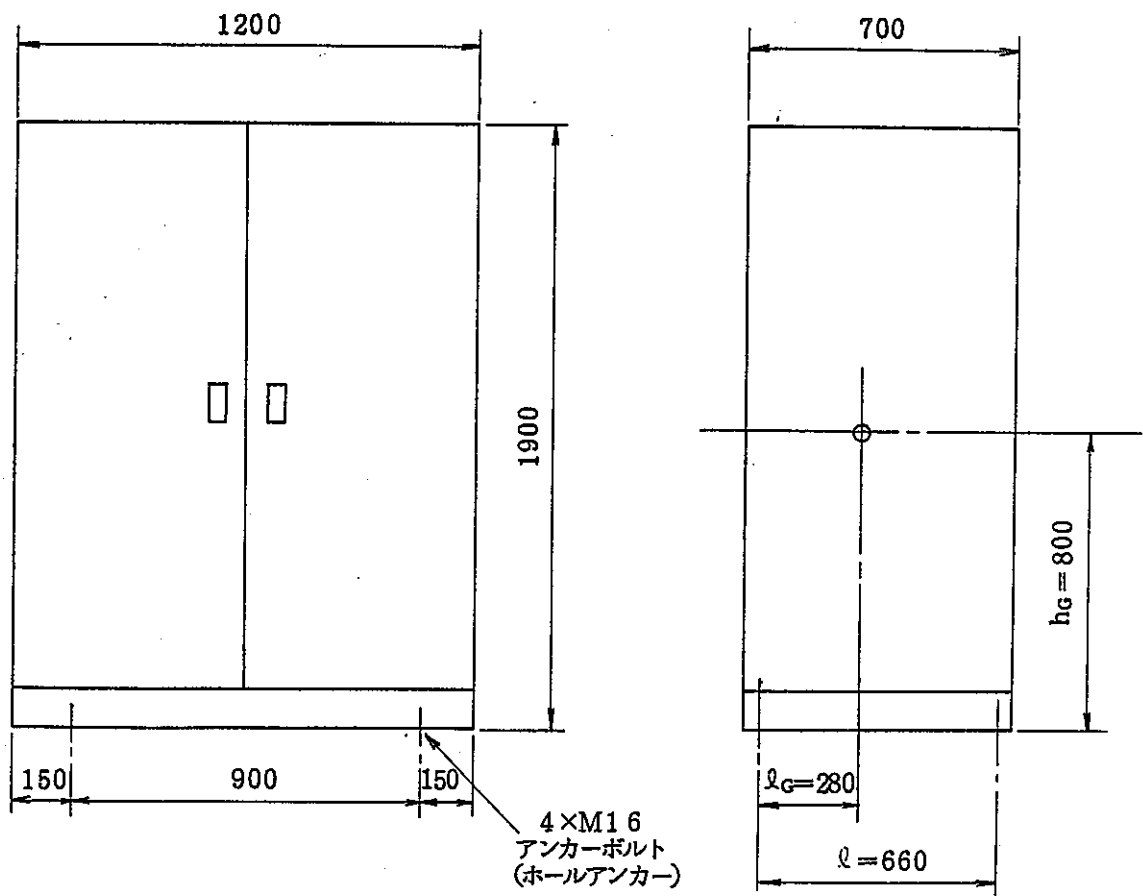
(g) 制 御 盤



耐震クラス：B

重量 (kg)	アンカーボルト		
	n (全本数)	n_t (引抜側)	A_s (mm^2)
400	4	2	M12 150.3

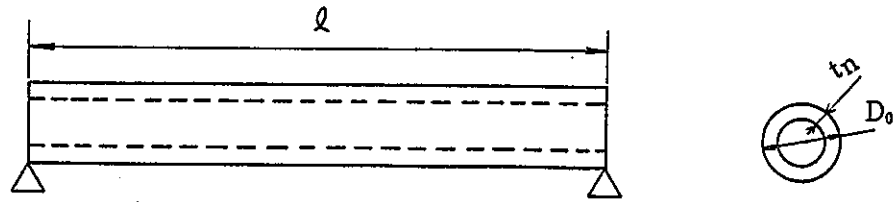
(h) 動力盤



耐震クラス：C

重量 (kg)	アンカーボルト		
	n (全本数)	n_t (引抜側)	A_s (mm^2)
500	4	2	M16 150.3

(i) 配 管



耐震クラス：B

管 種	管 外 径 D _o	管 厚 さ t _n	管 重 量	保 温 材 重 量
	mm	mm	kg/m	kg/m
100A	114.3	4.0	11.0	8.9
200A	216.3	6.5	34.0	19.9
250A (ヒータ)	267.4	6.5	42.2	23.1

バタフライ弁の重量

100A : 5.6kg

200A : 18.0kg

(5) 計 算

(i) ク ラ

(a) 水平地震力 (F_H)

$$F_H = 0.36 \times 550 = 198 \text{ kg}$$

(b) 垂直地震力 (F_v)

$$F_v = 0.18 \times 550 = 99 \text{ kg}$$

(c) 支持脚固有振動数 (f)

$$\begin{aligned} f &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{E \cdot I_H \cdot g}{3 \cdot F_H (L_1/3 + L_2/3)^2}} \\ &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2.10 \times 10^4 \times 3.29 \times 10^7 \times 9800}{3 \times 198 \times (250/3 + 318.5/3)^2}} \\ &= 3425 \text{ (c/s)} > 20 \text{ (c/s)} \end{aligned}$$

(d) 支持脚強度計算

(7) 支持脚の曲げモーメント (M_s)

$$\begin{aligned} M_s &= F_H \cdot (L_1 + L_2) \\ &= 198 \times (250 + 318.5) \\ &= 1.13 \times 10^5 \end{aligned}$$

(4) 支持脚の断面係数 (Z_s)

$$\begin{aligned} Z_s &= \frac{2I_H}{H} \\ &= \frac{2 \times 3.29 \times 10^7}{280} \\ &= 2.35 \times 10^5 \end{aligned}$$

(9) 支持脚の曲げ応力 (σ_b)

$$\begin{aligned} \sigma_b &= \frac{M_s}{Z_s} \\ &= \frac{1.13 \times 10^5}{2.35 \times 10^5} \\ &= 0.48 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

(1) 支持脚の圧縮応力 (σ_c)

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \frac{G + F_v}{n_s \cdot A_s} \\ &= \frac{550 + 99}{2 \times 6138} \\ &= 0.053 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

(イ) 支持脚の剪断応力 (τ)

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{F_H}{n_s \cdot A_s} \\ &= \frac{198}{2 \times 6138} \\ &= 0.016 \text{kg/mm}^2\end{aligned}$$

(カ) 組合せ応力 (σ)

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\sigma_b^2 + \sigma_c^2 - \sigma_b \cdot \sigma_c + 3\tau^2} \\ &= \sqrt{0.48^2 + 0.053^2 - 0.48 \times 0.053 + 3 \times 0.016^2} \\ &= 0.457 \text{kg/mm}^2\end{aligned}$$

いずれの応力も(4)-(ii)項に示す許容応力以上であり安全である。

(e) アンカーボルトの強度計算

(ア) ボルトの引抜力 (R_b)

$$\begin{aligned}R_b &= \frac{F_H \cdot (L_1 + L_2) - (G - F_v) \cdot l_a}{2 l_a \cdot n_t} \\ &= \frac{198 \times (250 + 318.5) - (550 - 99) \times 99}{2 \times 90 \times 2} \\ &= 200 \text{kg}\end{aligned}$$

(イ) アンカーボルト剪断力 (Q)

$$\begin{aligned}Q &= \frac{F_H}{n} \\ &= \frac{198}{4} \\ &= 49.5 \text{kg}\end{aligned}$$

(ウ) アンカーボルト引張応力 (σ_t)

$$\begin{aligned}\sigma_t &= \frac{R_b}{A_B} \\ &= \frac{200}{150.3} \\ &= 1.33 \text{kg/mm}^2\end{aligned}$$

(エ) アンカーボルト剪断応力 (τ)

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{Q}{A_B} \\ &= \frac{49.5}{150.3} \\ &= 0.33 \text{kg/mm}^2\end{aligned}$$

(オ) アンカーボルト許容引抜力 (R_a)

$$\begin{aligned} R_a &= \pi \cdot d \cdot a \cdot \mu \\ &= \pi \times 16 \times 380 \times 0.175 \\ &= 3343 \text{ kg} \end{aligned}$$

(カ) 組合せ応力 (σ)

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\sigma_t^2 + 3\tau^2} \\ &= \sqrt{1.33^2 + 3 \times 0.33^2} \\ &= 1.45 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

いずれの応力も(4)-(ii)項に示す許容応力以上であり安全である。また、ボルトの引抜力 R_b はボルトの許容引抜力 R_a 以下であり安全である。

(フ) 容器の強度計算

(ア) 容器の曲げモーメント (M_c)

$$\begin{aligned} M_c &= \frac{1}{2} (P_v + G) L \\ &= \frac{1}{2} (99 + 550) \times 900 \\ &= 2.92 \times 10^5 \end{aligned}$$

(イ) 容器の断面係数 (Z_c)

$$\begin{aligned} Z_c &= \frac{\pi}{32} \frac{(D_o^4 - D_i^4)}{D_o} \\ &= \frac{\pi}{32} \frac{(318.5^4 - 297.9^4)}{318.5} \\ &= 7.44 \times 10^5 \end{aligned}$$

(ウ) 容器の曲げ応力 (σ_b)

$$\begin{aligned} \sigma_b &= \frac{M_c}{Z_c} \\ &= \frac{2.92 \times 10^5}{7.44 \times 10^5} \\ &= 0.39 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

(エ) 内圧による容器の応力 (σ_t)

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \frac{PR}{2t} \\ &= \frac{2 \times 10^{-2} \times 297.9}{2 \times 10.3} \\ &= 0.29 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

いずれの応力も(4)-(ii)に示す許容応力以下であり安全である。

(ii) ヨウ素除去フィルタ

(a) 水平地震力 (F_H)

$$F_H = 0.36 \times 2180 = 784.8 \text{ kg}$$

(b) 垂直地震力 (F_V)

$$F_V = 0.18 \times 2180 = 392.4 \text{ kg}$$

(c) アンカーボルトの強度計算

(ア) ボルトの引抜力 (R_b)

$$\begin{aligned} R_b &= \frac{F_H \cdot h_G - (G - F_V) \cdot \ell_G}{\ell \cdot n_t} \\ &= \frac{784.8 \times 1192.5 - (2180 - 392.4) \times 309}{658 \times 3} \\ &= 194.3 \text{ kg} \end{aligned}$$

(イ) アンカーボルト剪断力 (Q)

$$\begin{aligned} Q &= \frac{F_H}{n} \\ &= \frac{784.8}{6} \\ &= 130.8 \text{ kg} \end{aligned}$$

(ウ) アンカーボルト引張応力 (σ_t)

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \frac{R_b}{A_B} \\ &= \frac{194.3}{80.2} \\ &= 2.42 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

(エ) アンカーボルト剪断応力 (τ)

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{A_B} \\ &= \frac{130.8}{80.2} \\ &= 1.63 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

(オ) アンカーボルト許容引抜力 (R_a)

$$\begin{aligned} R_a &= \pi \cdot d \cdot a \cdot \mu \\ &= \pi \times 12 \times 180 \times 0.175 \\ &= 1188 \text{ kg} \end{aligned}$$

(カ) 組合せ応力 (σ)

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\sigma_t^2 + 3\tau^2} \\ &= \sqrt{2.42^2 + 3 \times 1.63^2} \\ &= 3.72 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

いずれの応力も(4)-(ii)項に示す許容応力以下であり安全である。

また、ボルト引抜力 R_b はボルト許容引抜力 R_a 以下であり安全である。

(iii) プ ロ ヲ

(a) 水平地震力 (F_H)

$$F_H = 0.36 \times 340 = 122.4 \text{ kg}$$

(b) 垂直地震力 (F_v)

$$F_v = 0.18 \times 340 = 61.2 \text{ kg}$$

(c) アンカーボルトの強度計算

(ア) ボルト引抜力 (R_b)

$$\begin{aligned}R_b &= \frac{F_H \cdot h_G - (G - F_v) \cdot \ell_G}{\ell \cdot n_t} \\ &= \frac{122.4 \times 500 - (340 - 61.2) \times 430}{860 \times 3} \\ &= -227 \text{ kg} < 0\end{aligned}$$

よって、ボルトには引抜力は働かない。

(イ) アンカーボルト剪断力 (Q)

$$\begin{aligned}Q &= \frac{F_H}{n} \\ &= \frac{122.4}{8} \\ &= 15.3 \text{ kg}\end{aligned}$$

(ウ) アンカーボルト剪断応力 (τ)

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{Q}{A_B} \\ &= \frac{15.3}{80.2} \\ &= 0.19 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

よって、剪断応力は(4)-(ii)項に示す許容応力以下であり安全である。

また、ボルトには引抜力は働かないので安全である。

(iv) 冷却水クーラ

(a) 水平地震力 (F_H)

$$F_H = 0.24 \times 135 = 32.4 \text{ kg}$$

(b) 垂直地震力 (F_V)

$$F_V = 0.12 \times 135 = 16.2 \text{ kg}$$

(c) アンカーボルトの強度計算

(ア) ボルトの引抜力 (R_b)

$$\begin{aligned} R_b &= \frac{F_H \cdot h_G - (G - F_V) \cdot \ell_G}{\ell \cdot n_t} \\ &= \frac{32.4 \times 440 - (140 - 16.2) \times 22.5}{305 \times 2} \\ &= 18.8 \text{ kg} \end{aligned}$$

(イ) アンカーボルト剪断力 (Q)

$$\begin{aligned} Q &= \frac{F_H}{n} \\ &= \frac{32.4}{3} \\ &= 10.8 \text{ kg} \end{aligned}$$

(ウ) アンカーボルト引張応力 (σ_t)

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \frac{R_b}{A_B} \\ &= \frac{18.8}{234.9} \\ &= 0.080 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

(エ) アンカーボルト剪断応力 (τ)

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{A_B} \\ &= \frac{10.8}{234.9} \\ &= 0.046 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

(オ) アンカーボルト許容引抜力 (R_a)

$$\begin{aligned} R_a &= \pi \cdot d \cdot a \cdot \mu \\ &= \pi \times 20 \times 230 \times 0.175 \\ &= 2529 \text{ kg} \end{aligned}$$

(カ) 組合せ応力 (σ)

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\sigma_t^2 + 3\tau^2} \\ &= \sqrt{0.080^2 + 3 \times 0.046^2} \\ &= 0.11 \text{kg/mm}^2\end{aligned}$$

いずれの応力も(4)-(ii)項に示す許容応力以上であり安全である。また、ボルト引抜力 R_b はボルト許容引抜力 R_a 以下であり安全である。

(v) 冷却水ユニット

(a) 水平地震力 (F_H)

$$F_H = 0.24 \times 650 = 156 \text{kg}$$

(b) 垂直地震力 (F_V)

$$F_V = 0.12 \times 650 = 78 \text{kg}$$

(c) アンカーボルトの強度計算

(ア) ボルトの引抜力 (R_b)

$$\begin{aligned}R_b &= \frac{F_H \cdot h_0 - (G - F_V) \cdot l_0}{l \cdot n_t} \\ &= \frac{156 \times 950 - (650 - 78) \times 525}{1050 \times 2} \\ &= -72 \text{kg} < 0\end{aligned}$$

よって、ボルトには引抜力は働かない。

(イ) アンカーボルト剪断力 (Q)

$$\begin{aligned}Q &= \frac{F_H}{n} \\ &= \frac{156}{4} \\ &= 39 \text{kg}\end{aligned}$$

(ウ) アンカーボルト剪断応力 (τ)

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{Q}{A_B} \\ &= \frac{39}{150.3} \\ &= 0.26 \text{kg/mm}^2\end{aligned}$$

よって、剪断応力は(4)-(ii)項に示す許容応力以下であり安全である。また、ボルトには引抜力は働かないので安全である。

(vi) 冷却水ポンプ

(a) 水平地震力 (F_H)

$$F_H = 0.24 \times 50 = 12 \text{ kg}$$

(b) 垂直地震力 (F_V)

$$F_V = 0.12 \times 50 = 6 \text{ kg}$$

(c) アンカーボルトの強度計算

(ア) ボルト引抜力 (R_b)

$$\begin{aligned} R_b &= \frac{F_H \cdot h_G - (G - F_V) \cdot \ell_G}{\ell \cdot n_t} \\ &= \frac{12 \times 170 - (50 - 6) \times 95}{190 \times 2} \\ &= -5.6 \text{ kg} < 0 \end{aligned}$$

よって、ボルトには引抜力は働かない。

(イ) アンカーボルト剪断力 (Q)

$$\begin{aligned} Q &= \frac{F_H}{n} \\ &= \frac{12}{4} \\ &= 3 \text{ kg} \end{aligned}$$

(ウ) アンカーボルト剪断応力 (τ)

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{A_B} \\ &= \frac{3}{80.2} \\ &= 0.037 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

よって、剪断応力は(4) - (ii)項に示す許容応力以下であり安全である。
また、ボルトには引抜力は働かないので安全である。

(vii) 制 御 盤

(a) 水平地震力 (F_H)

$$F_H = 0.36 \times 400 = 144 \text{ kg}$$

(b) 垂直地震力 (F_v)

$$F_v = 0.18 \times 400 = 72 \text{ kg}$$

(c) アンカーボルトの強度計算

(ア) ボルトの引抜力 (R_b)

$$\begin{aligned} R_b &= \frac{F_H \cdot h_G - (G - F_v) \cdot l_G}{l \cdot n_t} \\ &= \frac{144 \times 900 - (400 - 72) \times 300}{700 \times 2} \\ &= 89.1 \text{ kg} \end{aligned}$$

(イ) アンカーボルト剪断力 (Q)

$$\begin{aligned} Q &= \frac{F_H}{n} \\ &= \frac{144}{4} \\ &= 36 \text{ kg} \end{aligned}$$

(ウ) アンカーボルト引張応力 (σ_t)

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \frac{R_b}{A_B} \\ &= \frac{89.1}{150.3} \\ &= 0.59 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

(エ) アンカーボルト剪断応力 (τ)

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{A_B} \\ &= \frac{36}{150.3} \\ &= 0.24 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

(オ) 組合せ応力 (σ)

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\sigma_t^2 + 3\tau^2} \\ &= \sqrt{0.59^2 + 3 \times 0.24^2} \\ &= 0.72 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

いずれの応力も(4)-(ii)項に示す許容応力以下であり安全である。また、ボルト引抜き力 R_b はホールアンカーの許容引抜き力(R_a は4000kg以上)より小さいため安全である。

(viii) 動力盤

(a) 水平地震力(F_H)

$$F_H = 0.24 \times 500 = 120 \text{ kg}$$

(b) 垂直地震力(F_v)

$$F_v = 0.12 \times 500 = 60 \text{ kg}$$

(c) アンカーボルトの強度計算

(ア) ボルトの引抜き力(R_b)

$$\begin{aligned} R_b &= \frac{F_H \cdot h_G - (G - F_v) \cdot \ell_G}{\ell \cdot n_t} \\ &= \frac{120 \times 800 - (500 - 60) \times 280}{660 \times 2} \\ &= -20.6 \text{ kg} \end{aligned}$$

よって、ボルトには引抜き力は働かない。

(イ) アンカーボルト剪断力(Q)

$$\begin{aligned} Q &= \frac{F_H}{n} \\ &= \frac{120}{4} \\ &= 30 \text{ kg} \end{aligned}$$

(ウ) アンカーボルト剪断応力(τ)

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{A_B} \\ &= \frac{30}{150.3} \\ &= 0.20 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

よって、剪断応力は(4)-(ii)項に示す許容応力以下であり、安全である。また、ボルトには引抜き力は働かないので安全である。

(ix) 配 管

(a) 固有振動数の計算

(7) 直管部の最大支持間隔 (ℓ)

① 100A Sch20S 材質 SUS304

$$\begin{aligned} I &= \frac{\pi}{64} \times \{ D_o^4 - (D_o - 2t_n)^4 \} \\ &= \frac{\pi}{64} \times \{ 114.3^4 - (114.3 - 2 \times 4.0)^4 \} \\ &= 2.11 \times 10^6 \text{mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ell &= \sqrt{\frac{\pi}{2f} \sqrt{\frac{EIg}{W}}} \\ &= \sqrt{\frac{\pi}{2 \times 20} \times \sqrt{\frac{2.1 \times 10^4 \times 2.11 \times 10^6 \times 9800}{19.9 \times 10^{-3}}}} \\ &= 3406 \text{mm} \end{aligned}$$

② 200A Sch20S 材質 SUS304

$$\begin{aligned} I &= \frac{\pi}{64} \times \{ D_o^4 - (D_o - 2t_n)^4 \} \\ &= \frac{\pi}{64} \times \{ 216.3^4 - (216.3 - 2 \times 6.5)^4 \} \\ &= 2.36 \times 10^7 \text{mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ell &= \sqrt{\frac{\pi}{2f} \sqrt{\frac{EIg}{W}}} \\ &= \sqrt{\frac{\pi}{2 \times 20} \times \sqrt{\frac{2.1 \times 10^4 \times 2.36 \times 10^7 \times 9800}{53.9 \times 10^{-3}}}} \\ &= 4856 \text{mm} \end{aligned}$$

③ ヒータ (250A Sch20S 材質 SUS304)

$$\begin{aligned} I &= \frac{\pi}{64} \times \{ D_o^4 - (D_o - 2t_n)^4 \} \\ &= \frac{\pi}{64} \times \{ 267.4^4 - (267.3 - 2 \times 6.5)^4 \} \\ &= 4.54 \times 10^7 \text{mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l &= \sqrt{\frac{\pi}{2f} \sqrt{\frac{EIg}{W}}} \\
 &= \sqrt{\frac{\pi}{2 \times 20} \sqrt{\frac{2.1 \times 10^4 \times 4.54 \times 10^7 \times 9800}{65.3 \times 10^{-3}}}} \\
 &= 5450 \text{mm} > 1800 \text{mm} \text{ (ヒータ長さ)}
 \end{aligned}$$

(イ) 曲り部の最大支持間隔 (l_1, l_2)

曲り角 $\theta = 90^\circ$ について検討する。

① 100A Sch20S 材質SUS304

㊦ $l_1 = l_2$ の時

図-1より、 $\beta = 0.72$

$$l_1 + l_2 = 0.72 \times 3406 = 2452.3$$

$$l_1 = l_2 = 1226 \text{mm}$$

㊧ $l_1 = 4/3 l_2$ の時

図-1より、 $\beta = 0.74$

$$l_1 + l_2 = 0.74 \times 3406 = 2520.4$$

$$\begin{cases}
 l_1 = 1440 \text{mm} \\
 l_2 = 1080 \text{mm}
 \end{cases}$$

㊨ $l_1 = 2l_2$ の時

図-1より、 $\beta = 0.81$

$$l_1 + l_2 = 0.81 \times 3406 = 2758.9$$

$$\begin{cases}
 l_1 = 1839 \text{mm} \\
 l_2 = 920 \text{mm}
 \end{cases}$$

㊩ $l_1 = 3l_2$ の時

図-1より、 $\beta = 0.92$

$$l_1 + l_2 = 0.92 \times 3406 = 3133.5$$

$$\begin{cases}
 l_1 = 2350 \text{mm} \\
 l_2 = 783 \text{mm}
 \end{cases}$$

② 200A Sch20S 材質SUS304

㊦ $l_1 = l_2$ の時

図-1より、 $\beta = 0.72$

$$l_1 + l_2 = 0.72 \times 4856 = 3496.3$$

$$l_1 = l_2 = 1748 \text{mm}$$

㊧ $l_1 = 4/3 l_2$ の時

図-1より、 $\beta = 0.74$

$$l_1 + l_2 = 0.74 \times 4856 = 3593.4$$

$$\begin{cases}
 l_1 = 2053 \text{mm} \\
 l_2 = 1540 \text{mm}
 \end{cases}$$

㉞ $l_1 = 2l_2$ の時

図-1より、 $\beta = 0.81$

$$l_1 + l_2 = 0.81 \times 4856 = 3933.4$$

$$\begin{cases} l_1 = 2622\text{mm} \\ l_2 = 1311\text{mm} \end{cases}$$

㉟ $l_1 = 3l_2$ の時

図-1より、 $\beta = 0.92$

$$l_1 + l_2 = 0.92 \times 4856 = 4467.5$$

$$\begin{cases} l_1 = 3351\text{mm} \\ l_2 = 1117\text{mm} \end{cases}$$

(ウ) 分岐部の最大支持間隔 (l_1, l_2)

① 100A Sch20S 材質SUS304

$$l_1 = 0.85l = 0.85 \times 3406 = 2895\text{mm}$$

$$l_2 = 0.82l = 0.82 \times 3406 = 2793\text{mm}$$

② 200A Sch20S 材質SUS304

$$l_1 = 0.85l = 0.85 \times 4856 = 4128\text{mm}$$

$$l_2 = 0.82l = 0.82 \times 4856 = 3982\text{mm}$$

(エ) 集中荷重部の最大支持間隔 (l_1)

集中荷重としてバタフライ弁について検討する。

① 100A Sch20S 材質SUS304

バタフライ弁重量：5.6kg

$$\text{荷重比} : n = \frac{P}{Wl_1} = \frac{P}{W\alpha l} = \frac{5.6}{19.9 \times \alpha \times 3.406} = \frac{0.0826}{\alpha}$$

$\alpha = 1.0$ とすると、 $n = 0.0826$

この時、図-2によると、すべてのkに対して $\alpha = 1.0$

以上により、 $\alpha = 1.0$

$$l_1 = 3406\text{mm}$$

② 200A Sch20S 材質SUS304

バタフライ弁重量：18.0kg

$$\text{荷重比} : n = \frac{P}{Wl_1} = \frac{P}{W\alpha l} = \frac{18.0}{69.3 \times \alpha \times 4.856} = \frac{0.0580}{\alpha}$$

$\alpha = 1.0$ とすると、 $n = 0.0580$

この時、図-2によると、すべてのkに対して $\alpha = 1.0$

以上により、 $\alpha = 1.0$

$$l_1 = 4856\text{mm}$$

(b) 配管の強度計算

① 100A Sch20S 材質 SUS304

$$S_{oL} = \frac{PD_o}{4t_n} + 0.75Si \left(\frac{M_A + M_B}{Z_p} \right)$$
$$\frac{PD_o}{4t_n} = \frac{1.25 \times 11.43}{4 \times 0.4} \times 10^{-2} = 0.089 \text{ kg/mm}^2$$

$$I = \frac{\pi}{64} \times \{ D_o^4 - (D_o - 2t_n)^4 \}$$
$$= \frac{\pi}{64} \times \{ 114.3^4 - (114.3 - 2 \times 4.0)^4 \}$$
$$= 2.11 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$Z_p = \frac{I}{D_o/2}$$
$$= \frac{2.11 \times 10^6}{114.3/2}$$
$$= 3.69 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$M_A + M_B = \sqrt{(1 + 0.18)^2 + (0.36)^2} (W \ell^2 / 8)$$
$$= \sqrt{1.18^2 + 0.36^2} (19.9 \times 10^{-3} \times 3406^2 / 8)$$
$$= 3.56 \times 10^4$$

$$S_{oL} = 0.089 + 1.0 \times \frac{3.56 \times 10^4}{3.69 \times 10^4}$$
$$= 1.05 \text{ kg/mm}^2$$

よって、(4) - (ii) 項に示す許容応力以下であり安全である。

② 200A Sch20S 材質 SUS304

$$S_{oL} = \frac{PD_o}{4t_n} + 0.75Si \left(\frac{M_A + M_B}{Z_p} \right)$$
$$\frac{PD_o}{4t_n} = \frac{1.25 \times 21.63}{4 \times 0.65} \times 10^{-2} = 0.104 \text{ kg/mm}^2$$

$$I = \frac{\pi}{64} \times \{ D_o^4 - (D_o - 2t_n)^4 \}$$
$$= \frac{\pi}{64} \times \{ 216.3^4 - (216.3 - 2 \times 6.5)^4 \}$$
$$= 2.36 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned}
 Z_p &= \frac{I}{D_o/2} \\
 &= \frac{2.36 \times 10^7}{216.3/2} \\
 &= 2.18 \times 10^5 \text{mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_A + M_B &= \sqrt{(1+0.18)^2 + (0.36)^2} (W \ell^2 / 8) \\
 &= \sqrt{1.18^2 + 0.36^2} (53.9 \times 10^{-3} \times 4856^2 / 8) \\
 &= 1.74 \times 10^5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{oL} &= 0.104 + 1.0 \times \frac{1.74 \times 10^5}{2.18 \times 10^5} \\
 &= 0.902 \text{g/mm}^2
 \end{aligned}$$

よって、(4) - (ii)項に示す許容応力以下であり安全である。

⑩ ヒータ (250A Sch20S 材質 SUS304)

$$S_{oL} = \frac{PD_o}{4t_n} + 0.75Si \left(\frac{M_A + M_B}{Z_p} \right)$$

$$\frac{PD_o}{4t_n} = \frac{1.25 \times 267.4}{4 \times 6.5} \times 10^{-2} = 0.129$$

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{\pi}{64} \times \{ D_o^4 - (D_o - 2t_n)^4 \} \\
 &= \frac{\pi}{64} \times \{ 267.4^4 - (267.4 - 2 \times 6.5)^4 \} \\
 &= 4.54 \times 10^7 \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_p &= \frac{I}{D_o/2} \\
 &= \frac{4.54 \times 10^7}{267.4/2} \\
 &= 8.49 \times 10^4 \text{mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_A + M_B &= \sqrt{(1+0.18)^2 + (0.36)^2} (W \ell^2 / 8) \\
 &= \sqrt{1.18^2 + 0.36^2} (65.3 \times 10^{-3} \times 1800^2 / 8) \\
 &= 3.26 \times 10^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{oL} &= 0.129 + 1.0 \times \frac{3.26 \times 10^4}{8.49 \times 10^4} \\
 &= 0.512 \text{kg/mm}^2
 \end{aligned}$$

よって、(4) - (ii)項に示す許容応力以下であり安全である。

IV . 工事手順の検討

1. 工事に際しての前提条件

本工事に当り、槽類換気系の運転を停止して行う場合と、運転を継続した状態で行う場合の2通りが考えられる。

① 運転を停止して工事を行う場合の検討

- ・ 作業者の被曝量は少ない。
- ・ 既設への影響（プロセス的に）は大きい。
- ・ 溶接部の品質保証（製作規格3級）上問題なく守れる。
- ・ 工事の実績としては問題は無い。
- ・ 工事の難易度は、普通の新設工事と同等と考えられる。
- ・ 工事コストとしては、新設工事並みのコストを考えられる。
- ・ 許認可上の対応については、事業団殿より非常にむずかしいとのコメントを頂いた。

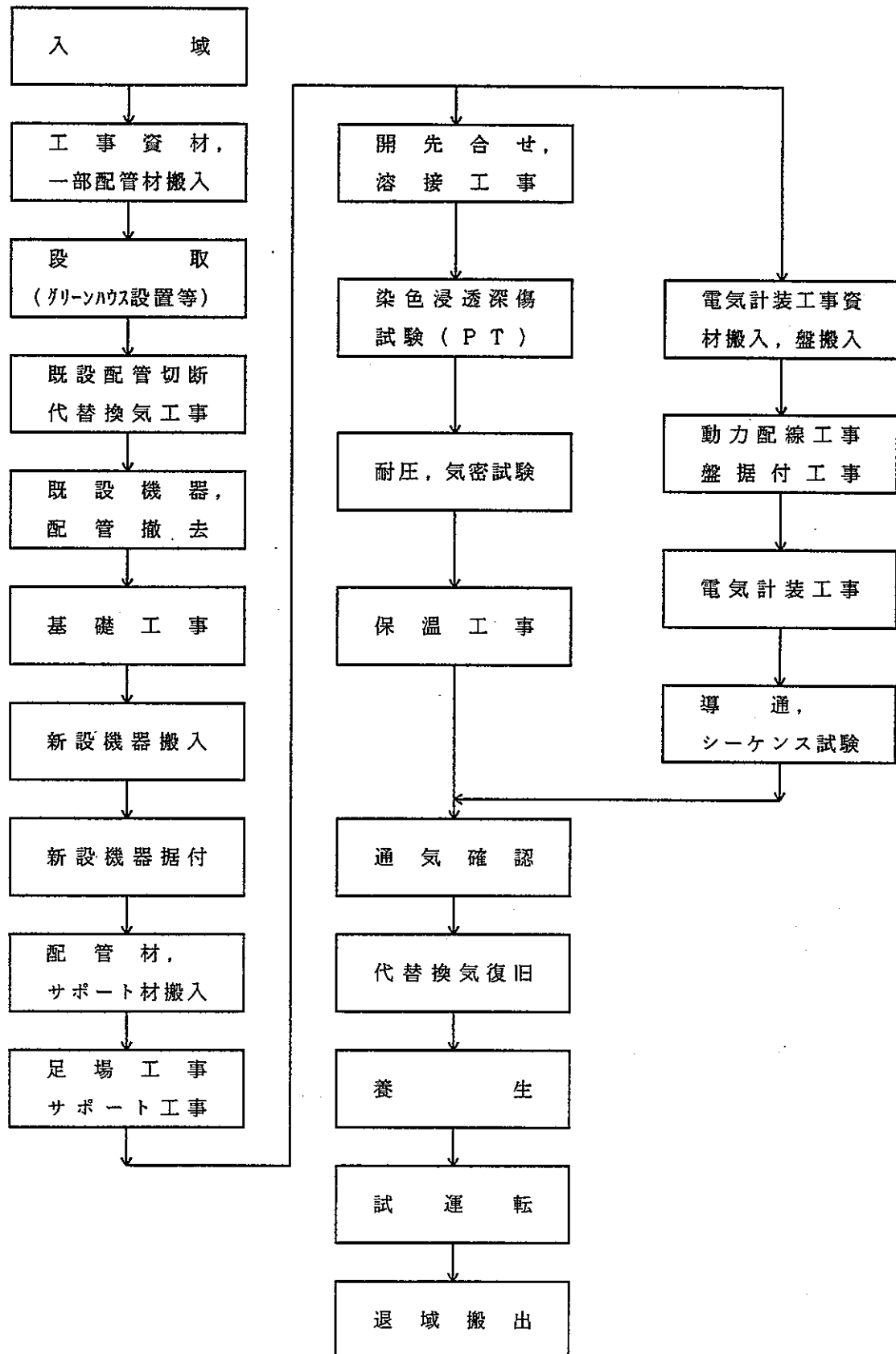
② 運転を継続した状態で工事を行う場合の検討

- ・ 作業者の被曝は、グリーンハウス設置、局所排気等の対応をしても、運転停止の場合の被曝よりは高いと考えられる。
- ・ 既設への影響については短時間には影響が出るかもしれないが、プロセス的に問題になる様な影響は無いと考える。
- ・ 溶接部の品質保証について、代替換気取付工事について、若干の問題が出ると思われるが、工事内容を要検討すれば対応出来ると思われる。
- ・ 工事の実績としては、非常に少ない。（事業団殿数件の実績有）
- ・ 工事の難易度としては、代替換気工事について難しいと思うが、他の工事は、新設工事レベル並みと考えられる。
- ・ 工事コストは、代替換気工事分だけコスト高と考えられる。
- ・ 許認可上の対応について事業団殿より、問題はないとコメントを頂いた。

上記①②の各条件の検討結果をもとに事業団殿と御打合せを行った結果、換気系の配管を止めた実績がなく許認可上の対応が難しくなることから、本工事は、運転継続したまま工事を行うこととした。

2. 工事手順

本工事の手順は以下に示す通りとする。



3. 工事内容の説明

① 工事資材、一部配管材搬入

廃棄物処理場A191（保守区域）のトラックエアロックより、溶接機、切断機、グラインダー、作業用小物等の工事資材及び仮設配管用の配管材をA102内の事業団殿御指定の場所に搬入する。

② 段 取

既設配管の取出し位置及び仮設配管の配管ルート確認後、仮設電源工事、グリーンハウス設置、局所排気用機器の設置等の段取を行なう。

③ 既設配管切断、代替換気工事

a. 307F1571を運転、307F1572を休止という状態になる様に各々のガス出入口弁の開閉作業を行なう。（図-1参照）

b. 307F1572廻りにグリーンハウスを設置、局所排気を行なう。

c. 307F1572を廃棄処分する為、廃棄物容器に納まる様に機器にけがきを入れ、その後、グラインダー等にて解体し、廃棄物容器に収納し、事業団殿御指定場所へ搬出する。

d. 307F1572の基礎をはつり、新たに新設のAgXフィルタケーシングに合う基礎工事を行ない、新設307F1572を据付る。

e. 既設AAF及びE施設の槽類の換気ラインに代替換気用ノズルを3個取付る（図-2“A”，“B”，“C”）。取付作業の内容は、取付場所の廻りにグリーンハウスを設置し、改造点にグローブボックスを取付、既設ラインを切断後、切断部にフランジを取付け、チーズの付いた短管を取付け、ボルト、ナットにてラインを継ぐ。（図-3参照）

f. 新設307F1572本体出入口ノズルに、それぞれ新DA8及び新DA10（両方ともバルブ閉）までの配管を新設し、その新設配管途中に仮設バルブ（両方とも開）までの配管を設ける。

仮設バルブ設置後、他方にコルゲートパイプを仮設する。（図-2参照）

g. 仮設ラインの切替は図-2において次のように行う。

- ・ ㊸, ㊹, ㊺, ㊻, ㊼を開とする。
- ・ ㊽を閉とする。
- ・ ㊾, ㊿を閉とする。

これにより、仮設配管のみ作動する。

h. グローブボックス3ヶ所のサーベイ除染後解体し、新規フローに基づく工事を行なう。又、これと併行して冷却水配管工事も行なう。

④ 既設機器、配管撤去工事

代替換気配管通気後、撤去機器及配管毎にグリーンハウスを設置し、局所排気後、各々廃棄処分する為廃棄物容器に納まる様にグラインダー等にて解体し、廃棄物容器に収納し、事業団殿御指定場所に搬出する。

< 撤去機器 >

- ・ 307H1581
- ・ 307K155
- ・ 307K156

但し、307K155、307K156は運転を考慮しながら撤去、改造を行なう。

< 撤去配管 >

- ・ 代替換気ノズル取出し部下流側バルブより、307H1581までの配管
- ・ 307H1581より307F157、307F158入口新設、既設の取合部までの配管
- ・ 307F157、307F158出口新設・既設取合部より307F1571、307F1572までの配管
- ・ 307F1571、307F1572より307K155、307K156代替換気ノズル取出し部上流側バルブまでの配管

⑤ 基礎工事

a. 建屋内

既設機器撤去後、既設機器用基礎を撤去し、床面をはつり、新設機器用の基礎工事を行なう。(計電用盤の基礎及ポンプの押ボタン用スタンションの基礎を含む)

< 新設基礎を作る機器類 >

- ・ 307H1593
- ・ 307P1598
- ・ 307H1594
- ・ 制御盤
- ・ 307P1597
- ・ 動力盤

b. 建屋外

緑地帯を整地後、冷却水ユニット用の基礎工事を行なう。

(塩害対策等を考え、建屋構造の基礎にする)

< 新設基礎を作る機器 >

- ・ 307H1595
- ・ 307H1596

⑥ 新設機器搬入

廃棄物処理場A191のトラックエアロックより新設機器を搬入し、A102内の事業団殿御指定の場所に一時置く。

新設機器については、Ⅲ編表-8の機器リスト参照の事。

⑦ 開先合せ、溶接工事

機器据付完了後、プレハブされている配管を仮組みし、事業団殿技術仕様書溶接施工基準(PNC-TS-005)及び製作基準(PNC-TS-006)に従い施工する。

⑧ サポート工事

耐震設計を考慮してサポート取付位置を決定し、配管形状、配管レベルに合ったサポートを製作し、取り付ける。

⑨ 耐圧・気密試験

事業団殿技術仕様書“試験・検査要領書”(PNC-TS-007日)に従い、試験を取行なう。

⑩ 保温工事

上記試験完了後、ヨウ素除去装置の内、ヒータからクーラまでの機器及び配管の保温工事を行なう。

<保温対象機器>

- ・ 307H1591
- ・ 307H1592
- ・ 307F157
- ・ 307F158
- ・ 307F1571
- ・ 307F1572

<保温対象配管>

- ・ 307PP100 1505P3H
- ・ 307PP100 1506P3H
- ・ 307PP200 1507P3H
- ・ 307PP200 1510P3H
- ・ 307PP200 1511P3H
- ・ 307PP200 1512P3H
- ・ 307PP200 1513P3H
- ・ 307PP200 1514P3H
- ・ 307PP200 1515P3H

⑪ 通気確認（通気，通水作動及性能試験）

上記の全ての工事完了後、下記の試験を行なう。

- ・ 配管通気通水作動試験
- ・ 性能試験……307H1591, 1592の昇温、制御試験
……冷却水系機器の冷却試験
……ヨウ素フィルター装着および性能試験

尚、下記の項目は工場にて試験を行なう。

- ・ フィルタシーシングのリーク試験
- ・ ブロワーの容量確認試験
- ・ ブロワーの軸動力試験

⑫ 代替換気復旧

図-2において次のように行なう。

- ・ ⑤, ⑥, ⑦バルブを開とする。
- ・ ②, ④, ⑧, ①, ③のバルブを閉とする。

これにより、新設ラインが作動するので、その後②, ④~⑧と①~③の仮設コルゲートパイプを撤去する。

4. 機器製作及び工事工程の検討

表 - 1 に示す。

5. 機器製作及び工事コストの概算

詳細設計費	18,000千円
機器製作費	45,000千円
工事費	133,000千円
一般管理費	29,000千円

合計	225,000千円
----	-----------

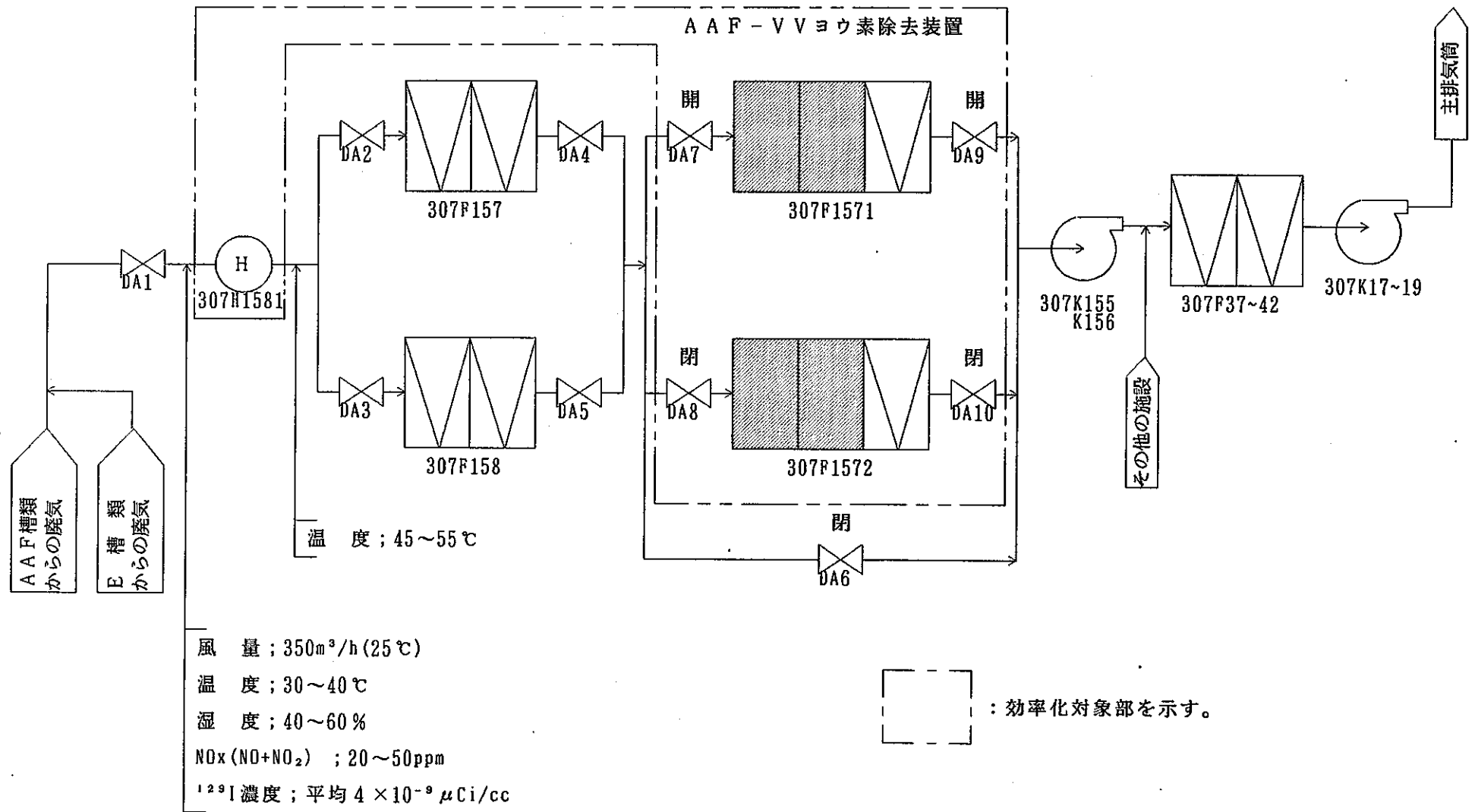


図-1 AAF及びE施設ヨウ素除去装置プロセスフロー

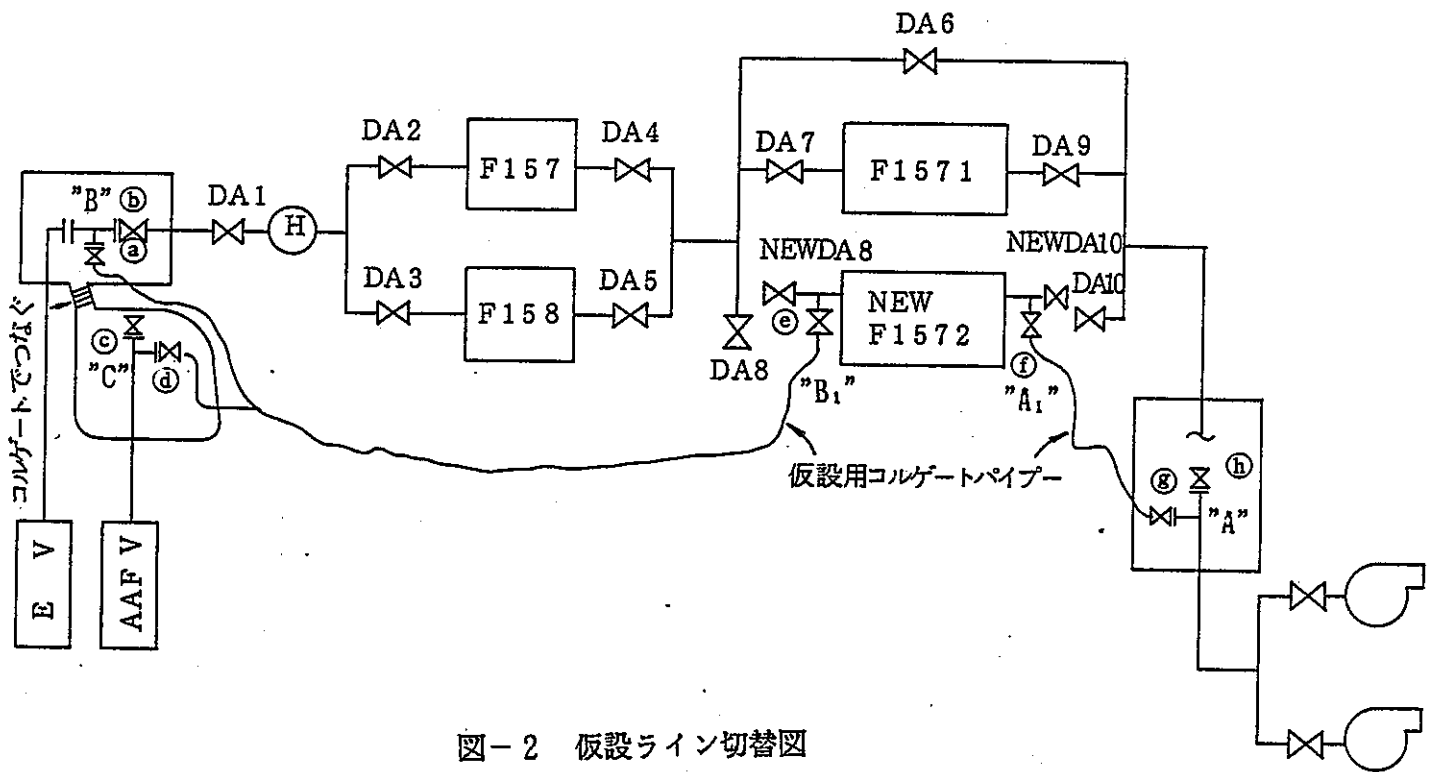


図-2 仮設ライン切替図

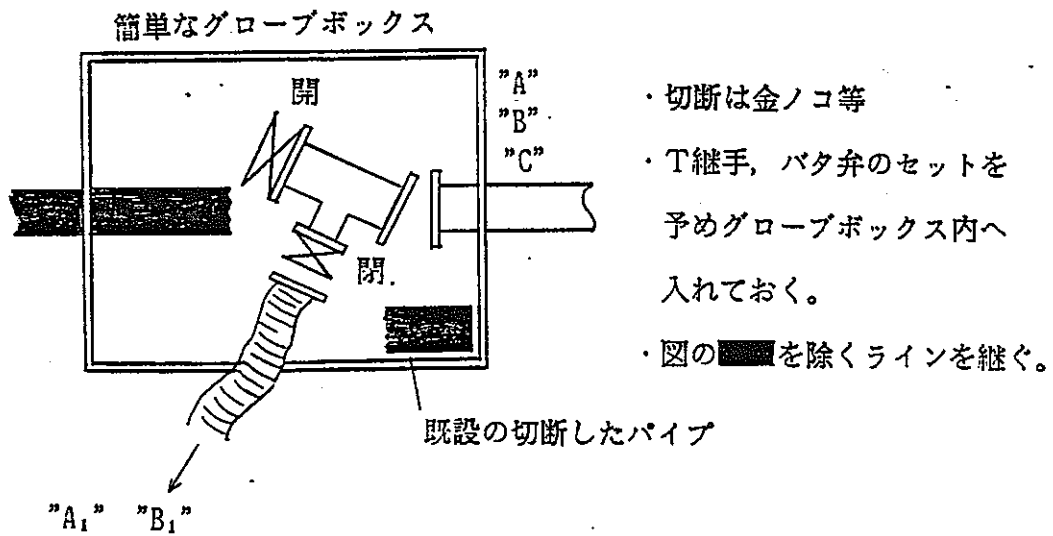


図-3 仮設ライン接続要領



表-1 TIME SCHEDULE

DATE 1986-9-10

SHIBAKOEN MINATO-KU TOKYO
NUCLEAR ENGINEERING AND EQUIPMENT DEPT.
ENGINEERING DIV.

KOBE STEEL, LTD.

PROJECT: ヨウ素除去装置の製作 工程表

SHEET NO 1/1

工務グループ		プロジェクト		品質保証室
DESIGNED	APPROVED	CHECKED	APPROVED	REVIEWED
河合	名倉	福田		

ITEM	月 日														備 考	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1. 設計	=====															
2. 製作、購入		=====														
3. 現地工事																
1) 基礎工事 (前準備除く)								=====								
2) 機器据付								=====								
3) 配管工事									=====							
4) 検査										=====						
5) 保潔工事											=====					
6) 配管架設工事										=====						
7) 電気配管工事											=====					
8) 導管、ニール等												=====				
9) 試運転													=====			
NOTES																

V. あとがき

動力炉・核燃料開発事業団東海事業所再処理工場内の廃棄物処理場及び第2低放射性廃液蒸発処理施設の槽類換気系より放出されるヨウ素(^{129}I)の低減化を目的として、既設のヨウ素除去装置の効率化のために必要な事項について、検討および設計を行った。その結果を以下に要約した。

- ① 効率化プロセスとしては、AgXフィルタを使用した乾式法で、吸着温度を上げる方式を選定した。
- ② 選定したプロセスに基づいて、ヨウ素除去装置の設計を行い、プロセス構成機器、配管、冷却水供給設備および計電装設備について設計仕様を検討した。
- ③ 事業団殿との協議により、槽類換気系を停止しないことを前提として、設計仕様検討結果をもとに、工事手順の検討を行った。

VI. 参 考 文 献

- 1) Pence, D.T., "Summary Report-Applications of Silver Zeolite for Airborne Iodine Species Removal from Nuclear Facility Off Gases", Report No. SAI-132-80-390-IJ (May 30, 1980)
- 2) Berg, R., et al "Measurement of the Distribution of ^{129}I in and its Discharge from the Karlsruhe Reprocessing Plant BNWL TR-311(1978)
- 3) Pence, D.T., et al. "Silver Zeolite;Iodine Adsorption Studies" (Project Report for July 1-December 31, 1969) IN-1363 (November 1970)
- 4) Pence, D.T., et al, "Development in the Removal of Airborne Iodine Species with Metal-Substituted Zeolite", Proc. 12th AEC Air Cleaning Conference (August, 1972)
- 5) Wilhelm, J.G., Trapping of Fission Product Iodine with Silver-Impregnated Molecular Sieves" KFK 1065(October 1969)
- 6) Pence, D.T., et al, "A Study of the Adsorption Properties of Metal Zeolites for Airborne Iodine Species", 11th AEC Air Clearing Conference(August, 1970)
- 7) Pence, D.T. et al, "Metal Zeolites;Iodine Adsorption Studies"(Project Report January 1-December 31, 1970) IN-1455 (June 1971)
- 8) Maeck W.J. et al "Application of Metal Zeolites to Radioiodine Air Cleaning Problems(August, 1970)
- 9) Eggleton A.E.J., "A Theoretical Examination of Iodine-Water Partition Coefficients", AERE-R4887(1967)
- 10) 化学工学協会編, "化学工学便覧", 丸善(1980)
- 11) 亀井他, "化学機械の理論と計算", 産業図書(1967)
- 12) 北川他, "吸着の基礎と設計", 横書店(1977)
- 13) 恩田, "ガス吸収", 化学工業社(1981)
- 14) 尾花英朗, "熱交換器設計ハンドブック", 工学図書(1980)
- 15) 井上宇市, "ダクト設計施行便覧", 丸善(1980)